



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Gianfranco Vásquez Silva  
<https://orcid.org/0000-0002-2239-0893>

Alexander Montalvo García  
<https://orcid.org/0000-0002-9622-162X>

**Asesor:**

Ing. M. Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz  
<https://orcid.org/0000-0002-5965-9892>

Tarapoto, Perú

2022



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín**

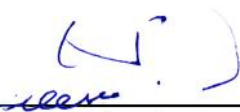
Para optar el título profesional de Ingeniero Civil


**Presentado por:**


Gianfranco Vásquez Silva  
Alexander Montalvo García


Sustentado y aprobado del 21 de noviembre del 2022 por los siguientes jurados

**Comité revisor:**

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente de Jurado**  
Ing. M. Sc. Máximo Alcibíades Vilca  
Cotrina

  
\_\_\_\_\_  
**Secretario de Jurado**  
Ing. M. Sc. Rubén del Águila  
Panduro

  
\_\_\_\_\_  
**Vocal de Jurado**  
Ing. M. Sc. Víctor Hugo Sánchez  
Mercado

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor**  
Ing. M. Sc. Enrique Napoleón  
Martínez Quiroz

Tarapoto, Perú

2022

**Acta de sustentación de trabajos de investigación conducentes a  
grados y títulos N° 735 .....**

**Jurado reconocido con Resolución N° 023-2022-UNSM/FICA-CF-NLU**

**Facultad de ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil  
/ Programa de posgrado**

A las 10:00 am del 21 de noviembre del 2022, inició al acto de público de sustentación del trabajo de investigación denominada: **"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, DEL TERRENO DE FUNDACIÓN Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CUADRA DOS A LA NUEVE, BARRIO ZARAGOZA, CIUDAD DE MOYOBAMBA"**, para optar el título de **INGENIERO CIVIL**, presentado por los Bachilleres: **GIANFRANCO VÁSQUEZ SILVA** y **ALEXANDER MONTALVO GARCÍA**, con la asesoría del **ING. M.SC. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ QUIROZ**, Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Ing. M. Sc. MÁXIMO ALCIBÍADES VILCA COTRINA** (presidente del jurado), **Ing. M. Sc. RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO** (secretario), **Ing. M. Sc. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO** (vocal), y acompañados por **ING. M. SC. ENRIQUE NAPOLEÓN MARTÍNEZ QUIROZ** (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras a continuación el secretario dio lectura a la Circular **N° 033-2022-UNSM/FICA**.

Seguidamente el autor expuesto el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas al jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo

De acuerdo con el Artículo 40° del RG – CTI, la nota obtenida es **CATORCE (14)** y correspondiente a la calificación de **APROBADO**.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 735 De *Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura*

Firman los Integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 12:00 hora el mismo día de 21 de noviembre de 2022.



Secretario de Jurado



Presidente del Jurado



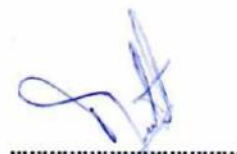
Vocal del Jurado



Autor



Autor



Asesor



## Declaratoria de autenticidad

**Gianfranco Vásquez Silva**, con DNI N° 74167032, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y **Alexander Montalvo García**, con DNI N° 76428220, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autores de la tesis titulada: **Evaluación de la serviciabilidad del pavimento rígido del Jr. Libertad desde la cuadra dos a la nueve, ciudad de Moyobamba.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 21 de noviembre del 2022



.....  
**Gianfranco Vásquez Silva**

DNI N° 74167032



.....  
**Alexander Montalvo García**

DNI N° 76428220

## Declaración jurada

Gianfranco Vásquez Silva, con DNI N° 74167032, con domicilio en Carretera Fernando Belaunde Terry, Urb. Los jardines, Mz. A, It. 07 – Moyobamba y Alexander Montalvo García, con DNI N° 76428220, con domicilio en Jr. Huayna Capac 245 – Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos bajo juramento**, todos los documentos, datos e información en la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 21 de noviembre del 2022



**Gianfranco Vásquez Silva**

DNI N° 74167032



**Alexander Montalvo García**

DNI N° 76428220

## Ficha de identificación

<p><b>Título del Proyecto</b>          Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ingeniería Civil  <b>Línea de Investigación:</b> Transportes  <b>Sublínea de investigación:</b> Evaluación de pavimentos  <b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autores:</b>           Gianfranco Vásquez Silva          Alexander Montalvo García</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura          Escuela Profesional de Ingeniería Civil  <a href="https://orcid.org/0000-0002-2239-0893">https://orcid.org/0000-0002-2239-0893</a>  <a href="https://orcid.org/0000-0002-9622-162X">https://orcid.org/0000-0002-9622-162X</a></p>
<p><b>Asesor:</b>           Ing. M. Sc. Enrique Napoleón          Martínez Quiroz</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b>          Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura          Escuela Profesional de Ingeniería Civil          Laboratorio de Suelos   <a href="https://orcid.org/0000-0002-5965-9892">https://orcid.org/0000-0002-5965-9892</a></p>



## **Dedicatoria**

A nuestro señor todopoderoso, que ilumina nuestro camino y nos brinda la sabiduría en nuestras vidas para salir adelante.

A nuestros padres, quienes nos han apoyado durante nuestra vida y por su generosidad con el fin de darnos un futuro y prepararnos para alcanzar nuevas metas, son unos excelentes padres.

A nuestros familiares que nos han motivado a lo largo de la vida con sus consejos y sabiduría para estar motivados y empezar a construir un nuevo futuro.

**Los autores**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a la Universidad Nacional de San Martín y a sus catedráticos en especial a los de la Escuela de Ingeniería Civil, que mediante sus conocimientos y experiencias impartidas en las aulas fue donde nos permitieron acceder a una formación de calidad por eso mil gracias a ustedes ingenieros y maestros.

Al Ing. M. Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz por aceptar ser nuestro asesor para realizar esta tesis profesional. Bajo su dirección nos pudo guiar con pautas e ideas invaluable, no solo en el desarrollo de esta tesis, también enriqueció nuestra formación como investigador. Muchas gracias por todo.

A nuestras familias que brindaron el soporte necesario, recursos y todo lo restante para llegar a este momento de nuestras vidas como futuros profesionales. Gracias por su paciencia y generosidad.

A nuestros amigos y compañeros con quienes compartimos la vida universitaria, siendo una parte muy importante de nuestra vida y quedara en el recuerdo.

**Los autores**

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento.....	8
Índice general .....	9
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras .....	14
RESUMEN.....	15
ABSTRACT .....	16
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.1. Marco general del problema.....	17
1.2. Formulación del problema de investigación .....	18
1.3. Hipótesis de investigación.....	18
1.4. Objetivos.....	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos .....	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	20
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	20
2.1.3 Antecedentes Locales.....	21
2.2. Fundamentos teóricos .....	22
2.2.1 Pavimento.....	22
2.2.2 Metodología Pavement Condition Index (PCI).....	22
2.2.3 Fallas Superficiales en el Pavimento Rígido. ....	23

2.2.4 Método de ensayo estándar para el uso del penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos.....	23
2.2.5 Resistencia del concreto con esclerómetro.....	24
2.2.6 Identificación de suelos.....	24
2.2.7 Estudio de tráfico.....	24
2.2.8 Conservación.....	25
2.2.9 Definición de términos básicos.....	27
CAPÍTULO III.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	30
3.1.1 Contexto de la investigación.....	30
3.1.2 Periodo de ejecución.....	32
3.1.3 Autorizaciones y permisos.....	33
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	34
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales.....	35
3.2. Sistemas de variables.....	37
3.2.1 Variables principales.....	37
3.2.2 Variables secundarias.....	38
3.3. Procedimientos de la investigación.....	38
3.3.1 Objetivo específico 1.....	39
3.3.2 Objetivo específico 2.....	40
3.3.3 Objetivo específico 3.....	40
3.3.4 Objetivo específico 4.....	41
3.3.5 Objetivo específico 5.....	41
3.4. Materiales y métodos.....	42
3.4.1 Materiales.....	42
3.4.2 Métodos.....	42
3.5. Tipo y nivel de investigación.....	42
3.5.1 Tipo de Investigación.....	42

3.5.2 Nivel de Investigación .....	43
3.5.3 Diseño de investigación .....	43
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.6.1 Técnicas recolección de datos.....	45
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	46
CAPÍTULO IV .....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1. Resultados.....	47
4.1.1 Objetivo específico 1.....	47
4.1.2 Objetivo específico 2.....	49
4.1.3 Objetivo específico 3.....	52
4.1.4 Objetivo específico 4.....	53
4.1.5 Objetivo específico 5.....	54
4.2. Discusión de resultados .....	55
4.2.1 Discusión de resultado, objetivo específico 1 .....	55
4.2.2 Discusión de resultado, objetivo específico 2.....	55
4.2.3 Discusión de resultado, objetivo específico 3.....	56
4.2.4 Discusión de resultado, objetivo específico 4.....	56
4.2.5 Discusión de resultado, objetivo específico 5.....	56
CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	63
Anexo 1. Resolución para la ejecución del trabajo de investigación.....	64
Anexo 2. Autorización de la Municipalidad Provincial de Moyobamba .....	65
Anexo 3. Certificado del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).....	66
Anexo 4. Equipo esclerómetro.....	67
Anexo 5. Memoria de investigación .....	68

Anexo 6. Formato para el ensayo de DCP, punto de exploración 01. ....	69
Anexo 7. Formato para el estudio de tráfico, día lunes. ....	70
Anexo 8. Formato para campo del equipo esclerómetro, muestras 01-37.....	71
Anexo 9. Formato de Exploración PCI, muestra 01. ....	72
Anexo 10. Enlaces de las hojas de cálculos utilizadas para los estudios de investigación.	73
Anexo 11. Formato de registro para ensayo de contenido de humedad, muestra 01. ....	74
Anexo 12. Constancia de ejecución de ensayos de laboratorio .....	75
Anexo 13. Panel Fotográfico.....	76
Anexo 14. Plano de ubicación.....	79
Anexo 15. Plano de estratigrafía.....	81



## Índice de tablas

Tabla 1. Rangos y Calificaciones del Estado de Serviciabilidad del Pavimento .....	23
Tabla 2. Catálogo de fallas .....	23
Tabla 3. Clasificación y uso del suelo según el valor del CBR. ....	24
Tabla 4. Niveles de intervención, de acuerdo al PCI. ....	26
Tabla 5. Matriz de causa - efecto para análisis de impacto ambiental.....	35
Tabla 6. Descripción de variables por objetivo específico. ....	37
Tabla 7. Técnicas de investigación .....	45
Tabla 8. Instrumentos de recolección de datos.....	46
Tabla 9. Coordenadas de los puntos de exploración en el estudio de CBR In Situ .....	50
Tabla 10. Resumen de resultados en la clasificación de suelos.....	52

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Esquema de mantenimiento. ....	25
<i>Figura 2.</i> Ubicación del proyecto de investigación. ....	30
<i>Figura 3.</i> Recorrido de la ciudad de Tarapoto a la zona de estudio.....	31
<i>Figura 4.</i> Metodología para el diseño de investigación con el tratamiento de las variables. .....	44
<i>Figura 5.</i> Resistencia a la compresión del concreto, gráfico de resultados 1. ....	48
<i>Figura 6.</i> Resistencia a la compresión del concreto, gráfico de resultados 2. ....	48
<i>Figura 7.</i> Resistencia a la compresión del concreto, gráfico de resultados 3. ....	49
<i>Figura 8.</i> CBR de los puntos de exploración a 600 mm. ....	51
<i>Figura 9.</i> CBR de los puntos de exploración a 900 mm. ....	51
<i>Figura 10.</i> Variación diaria de vehículos. ....	53
<i>Figura 11.</i> Valores PCI de las muestras.....	55
<i>Figura 12.</i> Foto de la toma de información para el estudio PCI.....	76
<i>Figura 13.</i> Foto de un parche pequeño en el paño.....	76
<i>Figura 14.</i> Foto de los golpes con el martillo en el equipo DCP. ....	77
<i>Figura 15.</i> Foto del uso del equipo esclerómetro para la toma de datos del paño.....	77
<i>Figura 16.</i> Foto de la muestra extraída en la tercera calicata.....	78
<i>Figura 17.</i> Foto de las seis muestras obtenidas en campo.....	78

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se titula, "Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín", tiene como objetivo identificar los diferentes tipos de fallas y establecer las condiciones de serviciabilidad del pavimento rígido haciendo uso del método del índice de condición del pavimento, (PCI), del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín. Se realizó la evaluación con la metodología del índice de condición del pavimento, el estudio tráfico, el estudio de resistencia a la compresión del concreto utilizando el equipo esclerómetro, el estudio CBR utilizando el penetrómetro de cono dinámico (PDC) y estudios de suelo para su clasificación, cada uno está regulado respectivamente por ASTM D 6433-18, manual de carreteras, suelos, geotecnia y pavimento del 2014, ASTM C 805-02, ASTM D 6951-03 y ASTM D 2487-11, siendo la sección de estudio desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve del Jr. Libertad, que incluye 152 paños de concreto hidráulico como población de estudio, en el caso del muestreo para el estudio PCI se consideraron 7 unidades de muestra compuestas por 19 paños cada una, en el estudio con el equipo esclerómetro la muestra de estudio fue de 110 paños, en el estudio de tránsito solo un punto de monitoreo ubicado en la manzana ocho del Jr. Libertad intersección con el Jr. Coronel Secada, para el estudio CBR con el penetrómetro dinámico de cono (PDC), se utilizaron 16 puntos de exploración y para el estudio de suelos se realizaron 3 calicatas, en las cuadras 2, 5 y 7 del Jr. Libertad, dando como resultado los siguientes datos, en el estudio de la resistencia a la compresión del concreto In Situ con esclerómetro, se obtuvo como resultado un  $f'_{cpromedio}=257\text{kg/cm}^2$  y un Módulo de Rotura de  $31.87\text{ kg/cm}^2$ , para el estudio de CBR In Situ con el Penetrómetro Dinámico Cono (PDC) el valor promedio hallado de CBR a 600 mm de profundidad desde la rasante del pavimento de 12.97% para la subbase y a la profundidad de 900 mm tiene un CBR de 10.97% para la subrasante, en los estudios de suelos se hallaron suelos finos de baja plasticidad, en el estudio de tráfico se obtuvo en el cálculo de los ESALS, que para una proyección del pavimento a 20 años el resultado fue  $8.78 \cdot 10^7$ , finalmente para el estudio de PCI se obtuvo un resultado de valor en promedio de  $PCI=48$ , concluyendo que la resistencia a la compresión del concreto en los paños del pavimento rígido no cumplen los estándares de la norma por lo que es necesario hacer un nuevo diseño de mezcla para una resistencia superior a la actual, el CBR de la subbase no cumple los requerimientos mínimos de la norma y es necesario cambiarlo por un material con mejores características, en cuanto a los estudios de suelos indican que la subbase debe reemplazarse por una subbase granular y mejorar la subrasante mediante estabilización de suelos, la evidencia en la frecuencia de repeticiones de carga debido al tránsito puede causar problemas de asentamiento por lo cual debe agregarse el sistema dowells entre paños para mejorar la transferencia de carga entre paño a paño, finalmente el estudio de PCI resalta la necesidad de mantenimiento por lo que es urgente un recapeo en la zona de estudio.

**Palabras clave:** pavimento rígido, estudio de tránsito, estudio de suelo, esclerómetro, evaluación superficial.

## ABSTRACT

The present research work is entitled "Determination of concrete strength, foundation soil and surface evaluation of the rigid pavement of Jr. Libertad blocks two to nine, Zaragoza neighborhood, city of Moyobamba, district of Moyobamba, San Martin Region". The objective is to identify the different types of failures and establish the serviceability conditions of the rigid pavement using the pavement condition index (PCI) method, from block two to block nine of Jr. Libertad, Zaragoza neighborhood, city of Moyobamba, district of Moyobamba, San Martin Region. The evaluation was carried out using the pavement condition index methodology, the traffic study, the concrete compressive strength study using the sclerometer equipment, the CBR study using the dynamic cone penetrometer (DCP) and soil studies for its classification. Each is respectively regulated by ASTM D 6433-18, 2014 Highway, Soils, Geotechnical and Pavement Manual, ASTM C 805-02, ASTM D 6951-03 and ASTM D 2487-11, with the study section being from block two to block nine of Jr. Libertad, which includes 152 hydraulic concrete pavements as study population. In the case of the PCI sampling study, 7 sample units were considered, each composed of 19 panels; for the study with the sclerometer equipment, the study sample consisted of 110 panels; for the traffic study, only one monitoring point located in block 8 of Jr. Libertad intersection with Jr. Coronel Secada; for the CBR study with the dynamic cone penetrometer (DCP), 16 exploration points were used and 3 test pits were made for the soil study, in blocks 2, 5 and 7 of Jr. Libertad. The following data were obtained: in the study on the compressive strength of the concrete in situ with the sclerometer, the result was an average  $f'_{cprom}=257\text{kg/cm}^2$  and a Modulus of Rupture of  $31.87\text{ kg/cm}^2$ ; for the in situ CBR study with the Cone Dynamic Penetrometer (CDP), the average CBR value found at 600 mm depth from the pavement surface was 12.97% for the subbase and at a depth of 900 mm, it has a CBR of 10.97% for the subgrade. In the soil studies, fine soils of low plasticity were found; in the traffic study, the ESALS calculation showed that the result for a 20-year pavement projection was  $8.78 \cdot 10^7$ , finally, for the PCI study, an average value of  $PCI=48$  was obtained. It is concluded that the compressive strength of the concrete in the rigid pavement pavements does not meet the standards of the norm, so it is necessary to make a new mix design for a higher strength than the current one, the CBR of the subbase does not meet the minimum requirements of the norm and it is necessary to change it for a material with better characteristics. The soil studies indicate that the subbase should be replaced by a granular subbase and the subgrade should be improved by soil stabilization. The evidence of the frequency of load repetitions due to traffic may cause settlement problems, so the dowells system should be added between pavements to improve load transfer from pavement to pavement. Finally, the PCI study highlights the need for maintenance, making urgent the repaving of the study area.



**Keywords:** rigid pavement, traffic study, soil study, sclerometer, surface evaluation.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Marco general del problema

Los caminos pavimentados son infraestructura valiosa a nivel mundial, para cualquier comunidad o sociedad desarrollada, genera la oportunidad y posibilidad de comercio, por ello tiene importancia en el ámbito económico de un país. Actualmente el pavimento rígido está siendo utilizado en la construcción del pavimento urbano por la alta durabilidad del concreto. Durante el ciclo de vida útil del pavimento, se ve afectado por la aparición de distintos tipos de fallas superficiales, mismas que pueden ser originadas por los factores ambientales, volumen de tránsito, drenaje, fallas en el proceso constructivo y la posible falta de mantenimiento (Montejo, 2002).

De igual forma las construcciones de pistas en las vías urbanas forman en el Perú una parte que está compuesta de pavimento rígido, esta se encuentra muchas veces descuidados, lo cual crea un alto déficit en la serviciabilidad de las vías pavimentadas, debido a la falta de correcta programación y seguimiento de una conservación en la red vial, perjudica a los conductores de la vía; el problema genera una necesidad de gestionar el mantenimiento rutinario y representar la oportunidad para verificar que no ocurran degradaciones incómodas e inseguras durante el tiempo de servicio del pavimento (Menéndez, 2009).

En el pavimento de las ciudades de la región San Martín existe un deterioro visible, por ello es necesario una investigación y la intervención con soluciones que mejoren el acceso a un transporte cómodo y seguro para los centros urbanos y rurales.

En la ciudad de Moyobamba, existen algunos pavimentos que tienen más de 20 años de vida útil al servicio de la población, por ello hoy en día se evidencian, fisuras, desgaste de juntas, pulimiento de agregados, entre otras fallas, debido a las condiciones como el clima, volumen de tránsito, drenaje y entre otros; por lo tanto, se debió priorizar el mantenimiento por la necesidad evidente de la problemática, con una evaluación previa de los pavimentos.

El Jr. Libertad de la cuadra dos a la cuadra nueve, presenta un bajo nivel de confort, debido a esto, el paquete estructural puede verse afectado por los daños en la superficie de rodadura, si no hay una intervención en forma de mantenimiento, estos generarán un aumento en el desembolso de recursos y creará un mayor nivel en el deterioro.

Teniendo en consideración todos los puntos de vista del problema se planteó identificar los diferentes deterioros y establecer las condiciones de serviciabilidad del pavimento rígido con la metodología del índice de condición del pavimento, (PCI), del Jr. Libertad cuadra

dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín, para la evaluación del pavimento, mediante los estudios de suelo, tráfico, medición de la resistencia a la compresión del concreto con esclerómetro y la medición de CBR con el penetrómetro dinámico de cono (PDC), por lo cual los resultados obtenidos son información útil para la municipalidad provincial de Moyobamba, que es la entidad encargada de la administración del pavimento urbano, para que posteriormente pueda tomar las medidas correspondientes y mejorar la serviciabilidad del pavimento rígido.

En este contexto, nos planeamos la siguiente interrogante.

## **1.2. Formulación del problema de investigación**

¿Será posible que, a través de la identificación de los diferentes tipos de fallas, establecer las condiciones de serviciabilidad del pavimento rígido haciendo uso del método del índice de condición del pavimento (PCI), del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín?

## **1.3. Hipótesis de investigación**

Haciendo uso del método del índice de condición del pavimento y previamente identificando los diferentes tipos de falla, nos ha permitido establecer las condiciones de serviciabilidad del pavimento rígido, del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Identificar los diferentes tipos de fallas y establecer las condiciones de serviciabilidad del pavimento rígido haciendo uso del método del índice de condición del pavimento, (PCI), del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- ) Cuantificar la resistencia del concreto mediante ensayos no destructivos con el uso del esclerómetro mecánico, modelo ZC3-A, marca AYA INSTRUMENT CO. LTD.
- ) Cuantificar la resistencia del terreno de fundación (CBR), mediante el penetrómetro dinámico de cono (PDC).
- ) Identificar las características físicas del terreno de fundación.
- ) Realizar el estudio de tráfico, mediante la determinación de los ejes equivalentes.



- ) Identificar las fallas superficiales en el pavimento rígido, conocer su cantidad y calificar el estado del pavimento, mediante el método del índice de condición del pavimento (PCI).

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

**Morales y Ortega (2019)**, en su investigación *“Evaluación funcional del pavimento rígido mediante el método PCI caso estudio. En la carretera 18 entra la calle 15 al 22”*, tuvo el objetivo de determinar el estado funcional del pavimento rígido utilizando la metodología PCI en carretera 18 entre la calle 15 al 22 en Girardot Cundinamarca, concluyo que el tramo de la vía estudiada obtuvo un PCI promedio de 63 clasificándolo como regular, así mismo se identificaron las fallas con mayor repetición, que fueron grietas lineales de severidad baja y media, pulimiento de agregados y descascaramiento de junta.

**Pérez (2021)**, en su tesis *“Diagnóstico de pavimentos mediante el método PCI y análisis de la influencia del mal estado de la vía con relación al número de accidentes presentados en la Av. La Victoria (Carrera 4 este) entre calle 37 sur y calle 27ª sur”*, tuvo por objetivo determinar las patologías del pavimento para conocer las consecuencias por el deterioro de la Av. La Victoria, entre calle 37 sur y calle 27ª sur, concluyo en que los deterioros más frecuentes son grietas de esquina, sello de junta y grieta lineal. Las presentes fallas provocan la filtración de las precipitaciones, la erosión de los materiales finos en la superficie de rodadura y aumentan la posibilidad de empeorar el estado del pavimento con el paso del tiempo.

#### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

**Sota y Vera (2020)**, en su investigación *“Análisis de la resistencia a la compresión del pavimento rígido mediante el esclerómetro y su incidencia en el grado de conservación-Cusco”*, planteo como meta medir la resistencia del concreto con un esclerómetro mecánico para conocer el estado del pavimento rígido en la calle Gordon Magne del distrito de Wanchaq, la metodología utilizada fue la investigación con enfoque combinado; para determinar la resistencia del concreto se usó el ensayo con esclerómetro de la norma ASTM C805 y para verificar el estado del pavimento se utilizó la metodología PCI, concluyo que el pavimento rígido de la calle Gordon Magne tiene resistencias menores a  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ -diseño, siendo el  $f'c$  mínimo= $169.06\text{kg/cm}^2$ ,  $f'c$  máximo= $361.73\text{kg/cm}^2$  y  $f'c$  promedio= $286.46\text{kg/cm}^2$ , el PCI fue 89, indicador que se interpreta con la calificación excelente para el estado de la calle, se hallaron paños de concreto con baja resistencia y por ello disminuye el estado conservación ya que incide como factor perjudicial, se sugiere

realizar evaluación periódicas que deriven en la ejecución de mantenimiento de manera frecuente.

**Cruz (2019)**, en su investigación “*Correlación número de golpes DCP vs Penetración CBR IN SITU para resistencia al esfuerzo normal de pavimentos urbanos, Lambayeque. 2018.*”, tuvo meta de investigación definir la correlación número de golpes DCP vs penetración CBR in situ para conocer la resistencia al esfuerzo cortante de pavimentos, concluyo en la propuesta de una gráfica que correlaciona el CBR in situ y DCP, en la que obtuvo una fórmula que es la siguiente:  $CBR (\%) = -5 \times 10^{-7} (\# \text{ golpes})^2 + 0.0318 (\# \text{ golpes}) - 0.6041$ , en la cual el porcentaje de CBR in situ se calcula de acuerdo con el número de golpes obtenido por el estudio con el equipo DCP.

### 2.1.3 Antecedentes Locales

**Lopez y García (2020)**, en su tesis “*Incidencia de las patologías del concreto hidráulico en el pavimento rígido tramo Plaza de Armas – Jirón Leguía y Jirón San Martín en el distrito de Tarapoto*”, tuvo como meta general evaluar el factor de desgaste de las patologías del concreto en el pavimento, así como sugerir las propuestas la intervención correspondiente al problema, concluyo que el índice promedio de condición de pavimento, para las pistas del Jr. Leguía y San Martín, del distrito de Tarapoto, provincia de San Martín, departamento de San Martín, es PCI = 66.14 y en de acuerdo con la metodología del PCI, se concluye que el estado del pavimento califica como “Bueno”.

**Paredes y Delgado (2019)**, en su tesis “*Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto*”, tuvo por objetivo definir cuál es el pavimento más recomendado para la rehabilitación de las calles del Barrio Centro de la Localidad de Tarapoto, de acuerdo con la evaluación de las fallas del pavimento, concluyo que, los pavimentos rígidos tiene mayor durabilidad en el tiempo, prueba de ello se evidencia ya que la ciudad de Tarapoto tiene pavimentos circundantes a la Plaza de Armas con una antigüedad superior a la de su periodo de diseño y que aún están en servicio.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1 Pavimento.**

Es una estructura conformada por capas ubicadas todas sobre una subrasante para soportar las cargas vehiculares y distribuir esfuerzos originados por las cargas dinámicas. En general está compuesto por las capas: base, subbase y capa de rodadura (MTC, 2014).

### **Pavimentos rígidos**

Son aquellos construidos con una superficie de rodadura hecha de un paño de concreto, debajo existe una subbase y debajo de todo se apoya en la subrasante, la propiedad principal del pavimento rígido es su capacidad de rigidez y de soportar los esfuerzos a tensión, además de su propiedad para distribuir los esfuerzos de manera uniforme (Montejo Fonseca, 2002).

### **2.2.2 Metodología Pavement Condition Index (PCI)**

El desgaste en el pavimento está en relación con los factores como: tipo de daño, severidad, cantidad y densidad del mismo. La fórmula del índice PCI tiene en cuenta los valores mencionados, siendo la combinación de ellos el valor nominal para calificar el pavimento. Debido a la metodología se introdujeron los “valores deducidos” a la fórmula como medio de facilitar el cálculo y aproximar los resultados con la realidad, como un factor de ponderación, con el objetivo de definir el nivel de deterioro de cada combinación de tipo de daño, al nivel de severidad y densidad, que la. El PCI es un valor numérico que varía desde cero (0), para un pavimento completamente desgastado y hasta cien (100) para un pavimento en óptimas condiciones (Gastelo et al., 2021).

Se tiene en consideración cuenta la más grande debilidad de la metodología PCI, ya que al ser subjetiva depende en mayor parte de los inspectores encargado de la evaluación. No existe criterio universal para los factores que intervienen en el deterioro del pavimento, por ese motivo puede presentar divergencias, eventualmente considerables entre el criterio de una persona a otra (Andrade et al., 2021).

Tabla 1.

*Rangos y Calificaciones del Estado de Serviciabilidad del Pavimento*

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: ASTM, (2018).

**2.2.3 Fallas Superficiales en el Pavimento Rígido.**

De acuerdo con la norma ASTM D6433-18, los daños en el pavimento rígido se clasifican dentro de fallas superficiales, formando un **catálogo de fallas**, visualizado en la siguiente tabla.

Tabla 2.

*Catálogo de fallas*

CATÁLOGO DE FALLAS			
Blow up/Buckling	Sello de Junta	Pulimento de agregados	Desconchamiento
Grieta de esquina	Desnivel Carril/Berma	Popouts	Retracción
Losa dividida	Grieta Lineal	Bombeo	Descascaramiento de esquina
Grieta de durabilidad	Parche (Grande)	Punzonamiento	Descascaramiento de junta
Escala	Parche (Pequeño)	Cruce de vía férrea	

Fuente: ASTM, (2018).

**2.2.4 Método de ensayo estándar para el uso del penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos**

El estudio comprende la medición de penetración por golpe usando el penetrómetro dinámico de cono con un martillo de 8 kg, el equipo se le conoce con la abreviatura de DCP o PDC. La relación de penetración por golpe puede correlacionarse con el CBR (ASTM, 2003).

Tabla 3.

*Clasificación y uso del suelo según el valor del CBR*

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2%-5%	Muy Mala	Sub-rasante
5%-8%	Mala	Sub-rasante
8%-20%	Regular	Sub-rasante
20%-30%	Excelente	Sub-rasante
30%-60%	Buena	Sub-base
60%-80%	Buena	Base
80%-100%	Excelente	Base

Fuente: MTC, (2014)

### 2.2.5 Resistencia del concreto con esclerómetro

El procedimiento consiste en la lectura del número de rebote del concreto usando un esclerómetro, es factible la realización del estudio para definir la uniformidad de la resistencia a la compresión del concreto In Situ (ASTM, 2002).

La variabilidad del estudio con el martillo de rebote o también llamado esclerómetro depende los posibles golpes en zonas con presencia de agregado de mayor diámetro y mayor dureza, como también por el ángulo de ubicación y posición del esclerómetro (Borjas, 2021).

### 2.2.6 Identificación de suelos

Identificar un suelo es posible mediante el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o también por el método AASHTO, ambos métodos cuentan con el reconocimiento internacional y la validez requerida para cualquier estudio de suelos (Badillo y Rodríguez, 2005).

### 2.2.7 Estudio de tráfico

El estudio calcula la información del índice medio diario anual (IMDa) para cada tramo de vía como delimitación del estudio, es por ello importante la identificación de tramos homogéneos en el proyecto (MTC, 2014).

### Tráfico

De acuerdo con la norma de pavimentos urbanos indica lo mencionado a continuación:



- ) Si el número de aplicaciones es menor de  $10^4$  ESALs se considera Tráfico Ligero
- ) Si el número de aplicaciones es mayor o igual a  $10^4$  ESALs y menor de  $10^6$  se considera como Tráfico Medio.
- ) Si el número de aplicaciones es mayor a  $10^6$  ESALs se considera Tráfico Alto.

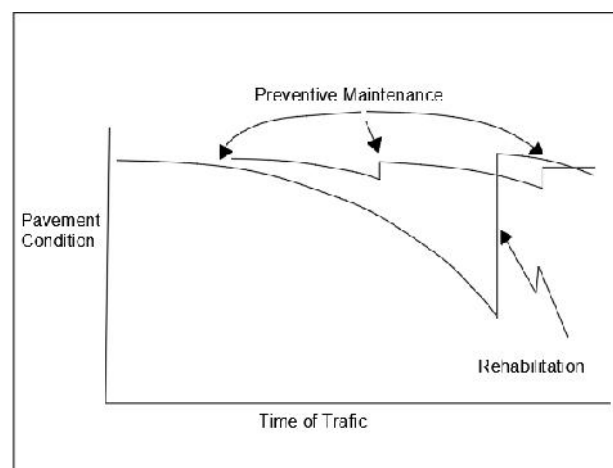
### 2.2.8 Conservación

La conservación se requiere tan pronto como se visualicen desgastes considerables u aparezcan patologías visibles en la superficie de rodadura ya que de lo contrario pueden empeorar los deterioros, de preferencia se tiene que mantener en óptimas condiciones de serviciabilidad para la reducción de accidentes y mejorar la seguridad en el tráfico (The Asphalt Institute, 2009).

#### Mantenimiento preventivo

Las actividades de mantenimiento preventivo pueden incluir los tratamientos más usados, como sellado de grietas, un chip de sellado, riego de niebla, llenado de rutina, slurries, tratamientos superficiales, micropavimentos. Estos tratamientos dejan el pavimento con una nueva superficie de rodadura (Menéndez, 2009).

Su intención es reparar el deterioro temprano del pavimento, las fallas del pavimento y reducir la necesidad de mantenimiento correctivo. A pesar que el mantenimiento preventivo no se realiza para mejorar la resistencia del pavimento, si logra extender su vida útil (Menéndez, 2009).



*Figura 1.* Esquema de mantenimiento.

Fuente: Menéndez Acurio, (2009).

### Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es diferente al mantenimiento preventivo, principalmente en presupuesto. Se realiza el mantenimiento preventivo, cuando el pavimento se califica aun en condiciones buenas, mientras que el mantenimiento correctivo se ejecuta cuando el pavimento se halla en la necesidad de una reparación más compleja, y por ello es mucho más caro, (Menéndez, 2009).

### Rehabilitación

En cuanto el pavimento cumple su período de diseño, normalmente llega a su índice de serviciabilidad final, entonces es necesario “Rehabilitar” la estructura para que preste un nuevo ciclo de servicio. Esta rehabilitación comprende frecuentemente en la reconstrucción de una o más capas del paquete estructural para llevar su estado a un índice de serviciabilidad inicial (Montejo, 2002).

### Tipos de mantenimiento de acuerdo al nivel de PCI

El siguiente cuadro es utilizado para determinar el nivel de intervención requerido en una vía, de acuerdo con el valor de pci promedio, puede corresponder a un nivel de intervención Rutinario, Correctivo, de Rehabilitación y/o Reconstrucción.

Tabla 4.

*Niveles de intervención, de acuerdo al PCI*

RANGO DE PCI	TIPO DE MANTENIMIENTO
86-100 EXCELENTE	MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO (Sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
71-85 MUY BUENO	
56-70 BUENO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Recapeo)
41-55 REGULAR	
26-40 POBRE	REHABILITACIÓN MAYOR (Reemplazo de carpeta asfáltica)
11-25 MUY POBRE	RECONSTRUCCION (Reemplazo de base granular y carpeta asfáltica)
0-10 FALLADO	

Fuente: Instituto del Asfalto, (2011).

### 2.2.9 Definición de términos básicos.

**Asentamiento o hundimiento:** Desnivel provocado por el asentamiento de cualquier paño de concreto (Lambe, 2012).

**Base:** Es la parte del paquete estructural del pavimento debajo de la subbase y encima de la rasante, es la capa de mayor espesor y que provee de capacidad estructural al pavimento, esta capa está compuesta por material seleccionado (Montejo, 2002).

**Blow up:** Fenómeno observable en la losa del pavimento rígido que produce bordes levantados (ASTM, 2018).

**Capa de rodadura:** Es la superficie que tiene contacto directo con las llantas de los vehículos, tiene por objetivo lograr la circulación vehicular de manera agradable para el usuario (Montejo, 2002).

**Concreto:** Conglomerado, formado principalmente por agregado grueso, fino, agua, cemento, aire y aditivos (Montejo, 2002).

**Desconchamiento:** Pérdida de material en la superficie del pavimento rígido (ASTM, 2018).

**DCP:** penetrómetro dinámico de cono (Menéndez, 2009).

**Deterioro por desgaste:** Desgaste provocado por el movimiento de vehículos sobre el pavimento y los factores ambientales como la abrasión o erosión. Visualizable por la pérdida de material fino en la superficie, dejando expuesto el material del agregado grueso (Montejo, 2002).

**ESALs:** Es la combinación de cargas que es aplicada sobre el pavimento por los eje que transita sobre ella, expresada en el número nominal que simboliza su magnitud (RNE, 2010).

**Esclerómetro:** Herramienta utilizada para medir la resistencia a compresión del concreto (PROCEQ SA, 2002).

**Estructura del Pavimento:** Compuesta por los siguientes elementos: subrasante provista por explanación o movimiento de tierras, base, sub-base, capa de rodadura (Montejo, 2002).

**Estudio de suelos:** Son las exploraciones e investigación en campo, y los ensayos de laboratorio que tiene por objeto determinar las características y sus propiedades (Crespo, 2004).

**Fallas longitudinales:** Fraccionamiento del paño de forma longitudinal, partiéndola en dos mitades (ASTM, 2018).

**Fallas transversales o diagonales:** Fraccionamiento del paño que ocurre en diagonal, dividiendo una esquina (ASTM, 2018).

**Grietas de retracción:** Aparece luego del fraguado del concreto, solo en la superficie aparecen las grietas (ASTM, 2018).

**Grietas de durabilidad “D”:** Grietas corrugadas paralelas y cercanas a una junta o una grieta (ASTM, 2018).

**Grietas:** Fractura de origen variado, pudiendo ser de dirección oblicua y perpendicular al eje de la vía, son fracturas pronunciadas y puede presentar más de una evidenciando la severidad (ASTM, 2018).

**IMDa:** Es la cantidad estimada de vehiculos que transitan anualmente en un tramo definido ,(MTC, 2002).

**Muestras de campo:** Muestras de las diferentes capas del suelo, pueden ser muestras alteradas o inalteradas (Montejo, 2002).

**Módulo de Rotura:** Valor que indica el esfuerzo máximo que soporta la fibra de concreto a flexión (MTC, 2002).

**PCI:** El PCI es un valor número que se utiliza para describir el estado de servicio en el cual se encuentra la condición de un pavimento, puede variar de 0 a 100 (Vásquez, 2002).

**Patología del concreto:** Estudio sistemático del deterioro que puede tener el concreto (Montejo, 2002).

**Pavimento:** Paquete estructural estratificado horizontal, infraestructura durable con el tiempo utilizada en la construcción de caminos (Montejo Fonseca, 2002).

**Pavimentos rígidos:** Pavimento que está conformado en la superficie por paños hechos con concreto (MTC, 2014).

**Popouts:** Son cráteres u oquedades que dejan materiales blandos en el pavimento rígido aumentan su diámetro por desgaste, producto del tráfico (ASTM, 2018).

**Punzonamiento:** Falla que se presenta por la existencia de cangrejeras y repeticiones de cargas de tránsito vehicular (ASTM, 2018).

**Sub-base:** Se ubica debajo de la capa de rodadura y encima de la base o si es el caso de la subrasante (Montejo, 2002).

**Subrasante:** Capa de suelo preparado por maquinaria y lista para recibir el paquete estructural (Montejo, 2002).

**Topografía:** Ciencia que estudia el terreno, sus niveles y posición geográfica (Montejo, 2002).

**Vía:** Denominación que puede hacer referencia a una avenida, arteria, calle, camino, o en general por donde hay tránsito de los vehículos (Montejo, 2002).

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

#### 3.1.1 Contexto de la investigación

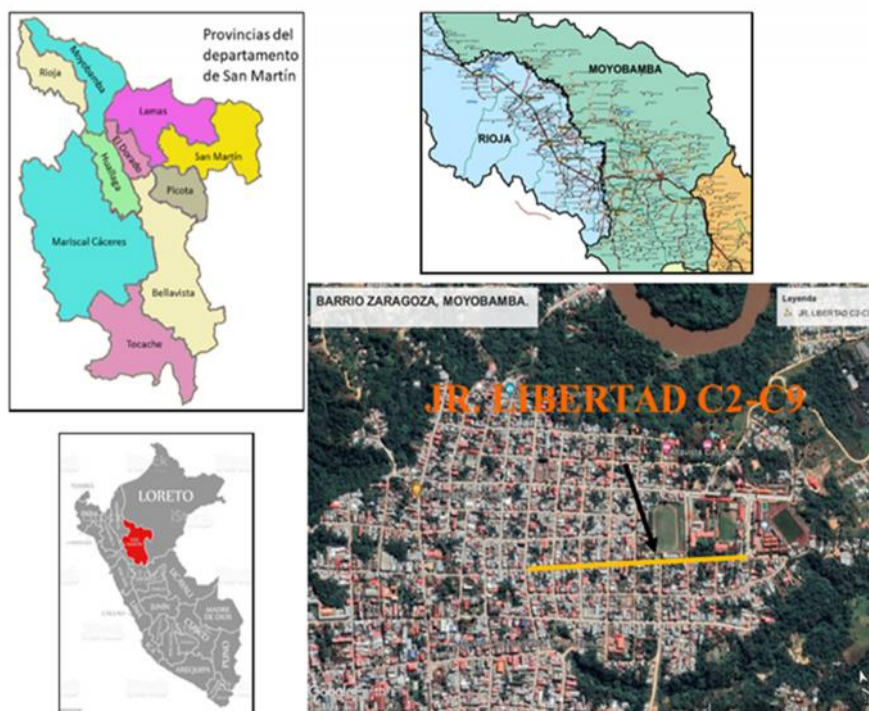
##### Ubicación geográfica del proyecto

El sitio de investigación está localizado en el barrio Zaragoza de la ciudad de Moyobamba, exactamente desde la señalética que indica el cruce del Jr. Libertad y la calle Alberto Miranda ubicado al comienzo de la cuadra dos del Jr. Libertad hasta el semáforo del cruce entre el Jr. Libertad y el Jr. 20 de abril, que se ubica al final del Jr. Libertad cuadra nueve; Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, Región de San Martín.

La investigación tiene las coordenadas UTM: 282495 E, 9332797 N y con Altitud de 883 m.s.n.m.

##### Ubicación política del proyecto

En el Distrito de Moyobamba, de la Provincia de Moyobamba y Región San Martín.



*Figura 2.* Ubicación del proyecto de investigación.

Fuente: Elaboración propia, (2022).

## Vías de acceso

El acceso a la zona de estudio comprende el tramo entre la cuadra dos y cuadra nueve del Jr. Libertad en la ciudad de Moyobamba. La forma de acceder al lugar del trabajo se efectuó partiendo desde Tarapoto, siguiendo la carretera Fernando Belaunde Terry -Norte-PE-5N (Ex marginal de la Selva), tramo Tarapoto – Moyobamba, se recorre la vía unos 200 km (2 horas aproximadamente), y se encuentra en el Barrio Zaragoza que tiene por vía de acceso inmediato el Jr. 20 de abril que cruza con el Jr. Libertad al final de la cuadra nueve.

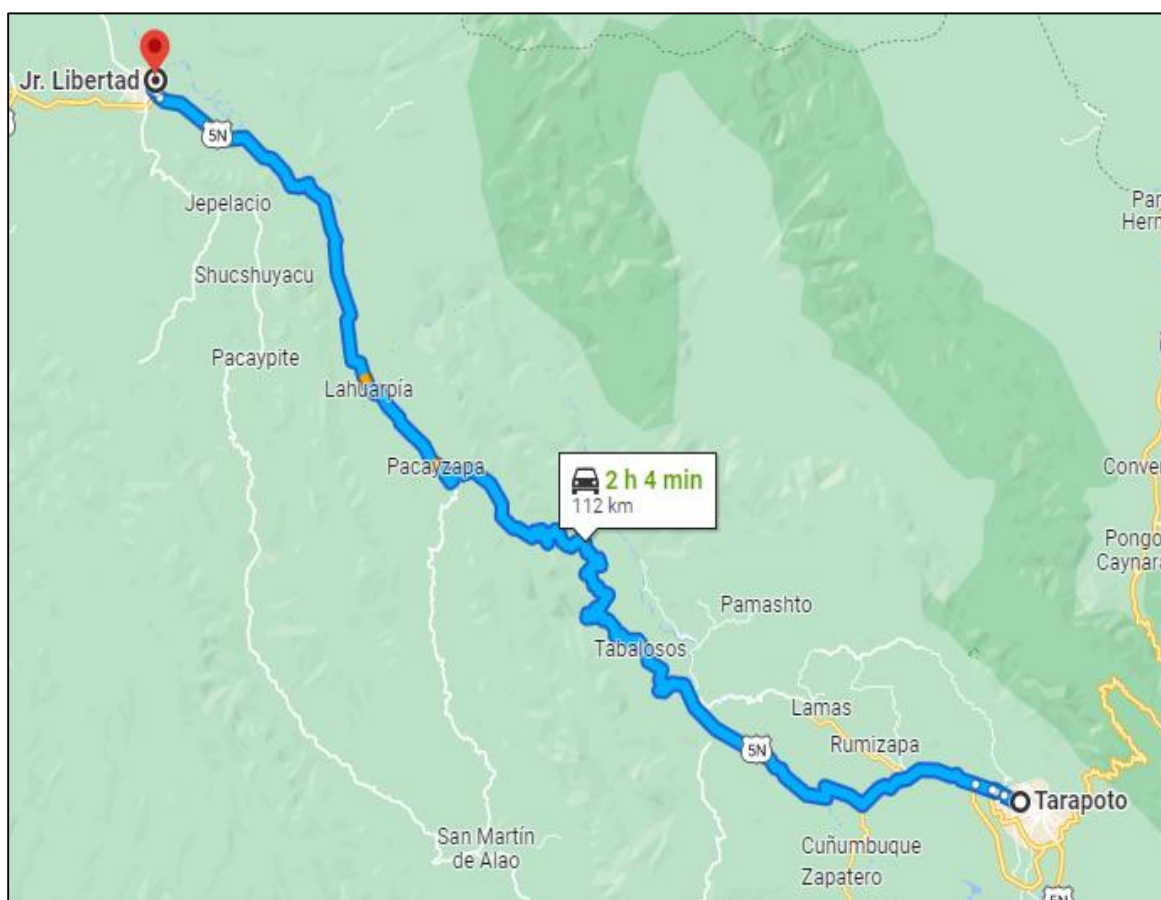


Figura 3. Recorrido de la ciudad de Tarapoto a la zona de estudio.

Fuente: Google Maps, (2022).

## Clima

El clima en la zona de estudio de acuerdo a su ubicación geográfica de la ciudad de Moyobamba, pertenece a la Región de Selva alta o Rupa Rupa, donde predomina el clima cálido y húmedo que disminuye en la noche hasta generar una cierta sensación de frío, a esto se le adiciona las constantes precipitaciones durante los meses de noviembre a abril; siendo entre los meses de mayo a octubre época de menor precipitación durante el año (INGEMMET, 1998).

## **Precipitaciones**

Durante los meses de noviembre a abril se presentan las mayores precipitaciones pluviales en la zona de estudio, logrando disminuir en los meses de mayo a octubre. Como resultado de ello, las precipitaciones pluviales anuales varían entre los 3000 a 8000 mm/año (INGEMMET, 1998).

## **Temperatura**

De acuerdo con la información publicada en la web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el promedio normal en temperatura para Moyobamba oscila desde la temperatura más baja, siendo de 17.2 °C que es alcanzada en el mes de julio y la temperatura más alta registradas de 29.4 °C en el mes de setiembre y octubre.

## **Topografía**

De acuerdo con los datos de Google Earth, la ciudad de Moyobamba se encuentra localizada a una altitud de 860 msnm, el Jr. Libertad presenta una cota de altitud es de 884 m.s.n.m. en el inicio de la cuadra dos, en el inicio de la cuadra 3, la altitud es de 885 m.s.n.m. y de 879 m.s.n.m. al final de la cuadra nueve.

## **Hidrografía**

La información provista por la Municipalidad Provincial de Moyobamba acerca del drenaje pluvial del pavimento en el Jr. Libertad, es inexistente, no hay obras de drenaje de ningún tipo, por lo cual las precipitaciones escurren sobre la superficie de los paños de concreto de manera longitudinal en dirección hacia las zonas bajas y de manera transversal hacia los jardines o áreas libres de vegetación, provocando la erosión de los suelos.

## **Contexto histórico**

Se proporciono testimonio de un vecino participante de la obra, (ver Anexo 5).

## **Contexto jurídico**

El contexto del tema en la investigación abarco el pavimento urbano por lo tanto se debe ceñir jurídicamente a la norma del RNE CE 010 Pavimentos Urbanos, para su evaluación.

### **3.1.2 Periodo de ejecución**

El 29 de enero del 2022 se autoriza la ejecución de la investigación, (ver Anexo 1), que lleva por nombre, "Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio



Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín". Debido a las constantes precipitaciones durante el mes de febrero y marzo no realizó ninguna labor en campo.

El 31 de marzo se realizó el reconocimiento de campo en el Jr. Libertad desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve, luego para el primer y segundo día del mes de abril se inició los estudios en campo mediante la metodología PCI, se utilizó conos de tránsito, wincha, chaleco reflectante, escoba y cepillo, el 03 de abril se ocupó para el estudio de DCP, por lo cual se usó el equipo penetrómetro dinámica de cono, del lunes 04 al domingo 10 de abril se hizo el estudio de tráfico, se usó el formato para el respectivo conteo de vehículos, los días del 11 al 14 de abril se realizó el estudio de la resistencia a la compresión del concreto In Situ, con el equipo esclerómetro y la piedra abrasiva que viene con el equipo, el 25 de abril se extrajeron las muestras de suelos, se usó pala, pico y bolsas herméticas, finalmente los días 26 al 29 de abril que se realizaron los ensayos en laboratorio, ensayo de contenido de humedad natural, ensayo de granulometría con mallas, ensayo de límite líquido y plástico.

Se presentó el día 14 de mayo el informe de los ensayos realizados al Técnico de laboratorio de mecánica de suelos y concreto de la Universidad Nacional de San Martín en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, entregándose el día 27 de mayo la constancia de ingreso y ejecución de ensayos de laboratorio. Por último, el mes de junio se realizó el procesamiento de datos para los estudios ejecutados, el mes de julio se redactó el informe de tesis y en el mes de agosto se realizaron las correcciones de acuerdo al reglamento de investigación.

### **3.1.3 Autorizaciones y permisos**

La Universidad Nacional de San Martín expidió la Resolución N° 023-2022-UNSM/FICA-CF-NLU, (ver Anexo A), con fecha 29 de enero del 2022, indicando la autorización de ejecución, sobre la investigación que lleva por nombre, "Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín", en un plazo máximo de dos años de acuerdo con el Reglamento de Investigación.

La Municipalidad Provincial de Moyobamba expidió la autorización de la ocupación de la vía, (ver Anexo 2), con fecha 25 de marzo del 2022, para realizar las labores de investigación en el pavimento urbano de la ciudad de Moyobamba en el Jr. Libertad. El documento identificado como: "**Autorización N°-067-2022-MPM/GPT ocupación de vía**

**pública**", con Registro N° 553305 y Expediente N° 442443, brindo el plazo desde 16 de marzo del 2022 hasta el 29 de julio del 2022 para la ocupación de la vía.

#### **3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad**

El control ambiental comprende la mitigación de daños generados sobre el ambiente causados por la actividad humana, (Luís E. Galván Rico & Rosa E. Reyes Gil, 2009, pp. 01). Por ello actualmente a nivel internacional existen leyes que tiene por objetivo el control de la contaminación al ambiente a través de los mecanismos legislativo que gobiernan en la jurisdicción de cada país (Mihelcic y Beth, 2012).

Los protocolos de bioseguridad comprenden la determinación de peligros o identificación de peligros, también la valoración de riesgos que asocia las consecuencias a la posibilidad que un peligro las produzca y por último la gestión de riesgo, trata de disminuir el riesgo a través de planes y proyectos respectivos de manera organizada (Cristina & Ana, 2003).

La investigación comprendió el control ambiental de los residuos generados por cada estudio, tal que en el estudio de suelo como resultado de los muestreo en cada calicata se retiraron las bolsas impermeables usadas para la recolección del suelo, en el caso del estudio con el equipo DCP se verifico el uso de grasa para el equipo y se limpió posterior a ello para evitar la contaminación del suelo, el uso del esclerómetro genero polvo luego de cada lijada con la piedra abrasiva en cada punto de investigación por lo que se limpió los sitios utilizados al igual que se realizó una limpieza en el estudio del PCI para la correcta visualización del deterioro en la vía

Los protocolos de bioseguridad que se siguieron para los estudios dentro de la investigación, teniendo en cuenta que ninguno de los estudios requiere de la manipulación de químicos u otro reactivo, para la ejecución de las actividades en campo, se utilizaron mascarillas, guantes de trabajo, chalecos con tiras reflectantes y zapatos con punta de acero, para el caso del laboratorio de suelos, se usaron mascarillas, guantes de látex y guantes de cuero para la manipulación del horno.

En el siguiente cuadro se analiza los efectos de las actividades ejecutadas en la investigación.

Tabla 5.  
Matriz de causa - efecto para análisis de impacto ambiental

ACTIVIDADES	Agua	Suelo	Aire	Flora	Fauna	Paisaje	Socio económicos culturales
Medición de la resistencia a la compresión del concreto In Situ con el esclerómetro	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	Interrupción temporal del tránsito
Medición de CBR In Situ con el penetrómetro dinámico de cono (PDC)	No afecta	Deterioro de la calidad del suelo por retiro de capa orgánica	No afecta	Pérdida de cobertura vegetal	No afecta	No afecta	Potenciales accidentes de los operarios
Extracción de suelos	No afecta	Extracción de acuerdos a los estratos	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta
Estudio mediante metodología PCI	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	Potenciales accidentes de los operarios
Conteo vehicular	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	No afecta	Potenciales accidentes de los operarios

Fuente: Elaboración propia, (2022).

### 3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

Trata acerca del compromiso con las personas que participan como sujetos de investigación permitiéndoles elegir por sí mismo a través de la aplicación del consentimiento informado, también existe el principio ético de justicia que fundamenta la minimización del daño y la búsqueda de maximizar el beneficio, en relación de la gestión del riesgo/beneficio favorable para el sujeto de investigación; el tercer principio ético universal es el de justicia, por el cual se especifica la distribución equitativa y aleatoria de los sujetos de investigación (Rev, 2012).

La investigación tuvo en cuenta la elección equitativa y aleatoria para el muestreo en cada uno de los estudios hechos en campo, así mismo se llegó a un compromiso, (ver Anexo

2), en la autorización brindada por la Municipalidad Provincial de Moyobamba, para la ocupación de la vía sin incomodar el normal tránsito del usuario, por lo cual se especificó dejar en el mismo estado íntegro que se encontró la vía luego de hacer los estudios e investigación correspondiente. Finalmente, a los sujetos que brindaron información acerca del objeto de estudio, se les informó sobre el fin de la investigación y la recopilación de datos, como también su posterior publicación, uso y beneficios sobre el trabajo realizado.

## 3.2. Sistemas de variables

### 3.2.1 Variables principales

Tabla 6.

*Descripción de variables por objetivo específico*

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Objetivo específico N° 1: Cuantificar la resistencia del concreto mediante ensayos no destructivos con el uso del esclerómetro mecánico, modelo ZC3-A, marca AYA INSTRUMENT CO. LTD.			
Resistencia a la compresión del concreto	Numero de rebote en la escala graduada del esclerómetro	$f'c =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Cuantitativo: número de rebote (und)
Objetivo específico N° 2: Cuantificar la resistencia del terreno de fundación (CBR), mediante el penetrómetro dinámico de cono (PDC).			
CBR	DCP	Penetración por golpe	Cuantitativa: mm/golpe
Objetivo específico N° 3: Identificar las características físicas del terreno de fundación.			
Clasificación de suelos	Propiedades físicas del suelo	Granulometría: la gradación de los suelos por las mallas. Límites de atterberg: límites líquido, límite plástico e índice plástico.	Cuantitativa: Gramos (gr), porcentaje (%).
Objetivo específico N° 4: Realizar el estudio de tráfico, mediante la determinación de los ejes equivalentes.			
Tipo de tránsito vehicular	ESALs	IMD IMDs IMDa	Cuantitativo: número de vehículos
Objetivo específico N° 5: Identificar las fallas superficiales en el pavimento rígido, conocer su cantidad y calificar el estado del pavimento, mediante el método del índice de condición del pavimento (PCI).			
Estado del pavimento rígido	PCI	Variabilidad: Tipo de deterioro. Cantidad de daño Grado de severidad: Bajo, medio, alto.	Cuantitativa: Metros lineales (ml), unidades (und), metros cuadrados (m <sup>2</sup> )

Fuente: (Elaboración propia, 2022).

### **3.2.2 Variables secundarias**

Las siguientes son parámetros de control que se tuvieron en cuenta durante la investigación, en el uso de los equipos y como medida de dispersión máxima en los datos obtenidos de campo.

#### **Temperatura**

La temperatura del concreto en el paño estuvo entre 10°C a 50°C para poder tomar las lecturas con el esclerómetro, sin que la temperatura afecte a los datos de estudio en la investigación.

#### **Humedad**

La humedad en el suelo pudo afectar al contenido de humedad, por lo tanto, la toma de muestras en la exploración de suelo se realizó cuando no hubo precipitaciones en varios días. De la misma manera la humedad afecta al número de rebote durante el uso del esclerómetro, por lo cual se tomaron las lecturas también cuando no hubo precipitaciones durante la semana.

#### **Calibración**

Se verifico la calibración del equipo DCP y esclerómetro, en los Anexos 3 y 4 respectivamente, para corroborar que cumplen las especificaciones técnicas dentro de la norma ASTM y tomar datos confiables.

#### **Desviación estándar**

Se empleo este parámetro para el caso de los estudios con esclerómetro y con el equipo DCP, debido a que para el esclerómetro la medida de dispersión máxima está definida en el manual del equipo y en caso del equipo DCP, dentro de su norma correspondiente especifica que no tiene medida de dispersión definida como parámetro de control. Para ambos estudios se usó la fórmula de desviación estándar muestral ya que los estudios se realizaron en base a una muestra representativa seleccionada.

### **3.3. Procedimientos de la investigación**

#### **Población**

La poblacion para la investigación estuvo delimitada a la evaluación del pavimento rígido desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve del Jr. Libertad, específicamente los paños que comprenden desde la señalética que indica el cruce del Jr. Libertad y la calle Alberto Miranda ubicado al comienzo de la cuadra dos del Jr. Libertad, hasta el semáforo del cruce entre el Jr. Libertad y el Jr. 20 de Abril que se ubica al final de la cuadra nueve, justo en la

esquina, ( ver detalle en el Anexo 1), comprendiendo en total 152 paños de concreto simple que conforman la población de estudio en la investigación.

Datos sobre el pavimento rígido del Jr. Libertad:

- ) Superficie de rodadura: comprende 152 paños de concreto simple.
- ) Junta: transversales de 5 cm
- ) Tamaño de los paños: 5.95 metros de largo por 4.95 metros de ancho.
- ) Sentido de la calle: uno solo, de la cuadra nueve hacia la cuadra dos.
- ) Calzada: 2 carriles compuesto por un paño
- ) Longitud de la vía: 760 metros, (C2-C9).
- ) Área de la vía:  $760 \times 5.95 = 4,522 \text{ m}^2$ .

### 3.3.1 Objetivo específico 1

#### Muestra para estudio de la resistencia a la compresión del concreto con equipo esclerómetro

En campo se usó el esclerómetro mecánico modelo ZCE-A, marca AYA INSTRUMENT CO. LTD, de procedencia de china, calibrado y certificado, adquirido por importación de la empresa TECNICAS CP SAC, (ver Anexo 4).

Para determinar el tamaño de muestra en la investigación se usó la siguiente fórmula para poblaciones finitas (Martínez, 2012).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} = \frac{152 * 1,96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (152 - 1) + 1,96^2 * 0.5 * 0.5} = 109.11 \cong 110$$

Siendo: N=número de paños de concreto, población 152 paños; n= número total de muestras para estudio en campo; Z= parámetros que depende del nivel de confianza, para la investigación se tomó 95% que le corresponde un Z de 1,96; p= probabilidad de que ocurra el evento, se tomó 0.5 por ser el máximo en una investigación sin antecedentes; q= probabilidad de que no ocurra el evento (q=0.5, p=0.5); e= error de estimado máximo aceptado, para el caso de 95% de confianza corresponde 0.05 de error.

Se le asigno a cada paño un número del 1 al 152 en el sentido de la cuadra dos hacia la cuadra 9 y se realizó un muestreo aleatorio simple, determinando que los paños que no se tomarán en cuenta serán los siguientes: 7, 11, 16, 17, 22, 25, 28, 29, 31, 43, 46, 47, 49, 51, 52, 56, 63, 67, 74, 76, 83, 86, 87, 88, 89, 91, 93, 103, 107, 108, 109, 114, 117, 124, 125, 131, 133, 138, 139, 141, 147 y 152.

### **3.3.2 Objetivo específico 2**

#### **Muestra para estudio de CBR con equipo de PDC**

En campo se usó el penetrómetro dinámico de cono (PDC), manufacturado por la empresa peruana PERUTEST S.A.C., marca PERUTEST y con el número de serie 011, certificado bajo las especificaciones de la norma ASTM D6951, (ver Anexo C).

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones, CE 010 norma técnica para pavimento urbanos página 14 y clasificando a la vía como una colectora, se utilizó 2 puntos por cada 100 metros de longitud del tramo en estudio, por lo cual para la longitud de 760 metros que comprende las cuadras dos a la nueve del Jr. Libertad, corresponde la evaluación de 16 puntos de investigación, la investigación para determinar el CBR de la subbase con el equipo DCP penetra desde el nivel de la rasante del pavimento hasta 900 milímetros de profundidad en el suelo, ya que el paño de concreto tiene una espesor de 200 milímetros y por la exploración de suelos se determinó que la base comprende de 200 milímetros a 600 milímetros, todo referenciado con el nivel de la rasante, es decir que el espesor de la subbase tiene 40 centímetros. Para los 16 puntos de investigación para las ocho cuadras en estudio, se llevó a cabo al comienzo y al final un punto de investigación, distribuyendo así los puntos de estudio desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve del Jr. Libertad.

### **3.3.3 Objetivo específico 3**

#### **Muestra para estudio de suelos**

Se considero la utilidad del Jr. Libertad como una calle que da accesibilidad al tránsito de vehículos, como acceso para las viviendas colindantes del barrio Zaragoza, por lo tanto se clasifico como tipo de vía colectora y de acuerdo con la norma técnica para pavimentos urbanos, con respecto a la exploración de suelos para ese tipo de vía, indica que se tendrá un punto de investigación por cada 1,500 metros cuadrados, y teniendo en consideración el área de estudio que será de 4,522 metros cuadrados, se obtuvo por lo tanto 3 puntos de investigación.

Se tomaron muestras alteradas y se realizó la descripción e identificación de suelos (ASTM, 2009). Para la clasificación se realizaron los ensayos en laboratorio de granulometría, limite líquido y limite plástico (ASTM, 2011). Su finalidad es clasificar el suelo, mientras que el método de exploración utilizado y siempre de acuerdo a la norma MTC C 101 ensayo de materiales, indica que es factible la exploración de suelos con calicatas, por ello se exploraron los tres puntos de investigación con calicatas de 1.5 de



largo. 0.70 de ancho y 1 metro de profundidad. Como puntos de investigación de acuerdo a la CE 010 se realizaron en las cuadras 2, 5 y 7, lo más cerca de las intersecciones.

### 3.3.4 Objetivo específico 4

#### Muestra para estudio de tráfico

Se considero que desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve del Jr. Libertad es tramo homogéneo de acuerdo con el manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimento página 62, debido a que para el estudio se consideró que el tránsito vehicular es la misma en las ocho cuadras, siendo esta información analizada objetivamente, la mayoría de vehículos se dirigen al final de la calle siendo el sentido de la cuadra nueve hacia la cuadra dos, por lo tanto, para el estudio se utilizó una estación de conteo vehicular en la cuadra ocho del Jr. Libertad cruce con Jr. Coronel Secada, debido que al estar pavimentada el Jr. Coronel Secada aumenta el tránsito de vehículos hacia el Jr. libertad por ese cruce, las coordenadas de la estación de monitoreo vehicular es UTM (Universal Transversal de Mercator), en Datum: WGS '84 – Zona 18M: 282196 E, 9332878 N y con Altitud de 894 msnm.

### 3.3.5 Objetivo específico 5

#### Muestra para estudio de PCI

Se asigno la composición de la unidad de muestra, cada muestra está conformado por 19 paños de concreto hidráulico, para 152 paños nos da un total de 8 unidades de muestras. El estudio de los paños es desde la cuadra dos a la cuadra nueve del Jr. Libertad.

Se determino el tamaño de muestra en la investigación con el usó la siguiente fórmula (ASTM, 2018).

$$n = \frac{N * s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) * (N - 1) + s^2} = \frac{8 * 15^2}{\left(\frac{5^2}{4}\right) * (8 - 1) + 15^2} = 6.70 \cong 7$$

Siendo: N= número total de unidades de muestra en la sección; s= parámetro asumido de acuerdo a la norma para la desviación estándar del pavimento de concreto hidráulico que es 15; e= error aceptable estimado para la sección de común de PCI, e=+/-5 puntos PCI; n= número total de unidades de muestra para estudio.

Entonces se eligieron 7 muestras aleatoriamente con la página para sorteos al azar, sortea2.com, por lo cual salieron elegidos para el estudio la muestra número 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9.

### **3.4. Materiales y métodos**

#### **3.4.1 Materiales.**

- ) Cámara Fotográfica digital.
- ) Formatos (ver Anexos).
- ) Wincha
- ) Libreta de campo.
- ) Catálogo de Fallas del Pavimento Rígido (ASTM D6433-18).
- ) Penetrómetro dinámico de Impacto (DCP)
- ) Equipo esclerómetro

#### **3.4.2 Métodos.**

Para el trabajo de investigación en las calles principales del barrio Zaragoza de la ciudad de Moyobamba se empleó la metodología del PCI para la evaluación de fallas superficiales y estado del pavimento rígido, en la zona de estudio se trabajó con todas las muestras representativas seleccionadas, se identificaron las fallas superficiales del pavimento, así como también se recolectó la data en los formatos de exploración, con los datos obtenidos se procesó la información en gabinete haciendo uso de las curvas de la norma ASTM D6433-18, hallando el PCI de cada muestra, para finalmente obtener el PCI promedio de la vía y así definir el estado de serviciabilidad del pavimento rígido, clasificándolo desde 0 a 100, de acuerdo con el PCI promedio y determinación su calificación. Para el estudio de tráfico se tomó como punto de control para el conteo vehicular, la cuadra ocho del Jr. Libertad cruce con Jr. Coronel Secada, en el caso de la resistencia promedio a la compresión del concreto se usó el equipo esclerómetro, para hacer el muestro a todos los paños de concreto seleccionados de manera aleatoria, haciendo uso del manejo indicado en la norma correspondiente para el equipo ASTM C 805-02, para el caso de la resistencia del suelo se usó el equipo DCP normado en la ASTM D 6951-03, muestreando 16 puntos de investigación, dos por cuadra, para obtener un valor promedio CBR del suelo de fundación correlacionado con el número de golpes del instrumento por lo cual se determinó previamente la clasificación de los suelos mediante SUCS.

### **3.5. Tipo y nivel de investigación**

#### **3.5.1 Tipo de Investigación**

Investigación aplicada: Debido a su carácter práctico, pues se seguirán procedimientos especificados en las normas de acuerdo a cada estudio o ensayo que se realice (Vara, 2012).

### **3.5.2 Nivel de Investigación**

Descriptivo: Utilizado para especificar propiedades y características de las variables a través de la medición (Vara, 2012).

### **3.5.3 Diseño de investigación**

Diseño no experimental: Dado que no se provoca una situación, evento o fenómeno requerido en una situación controlada, sino que se registra la realidad tal como ocurre (Hernández et al, 2010).

La investigación viene esquematizada en la siguiente figura.

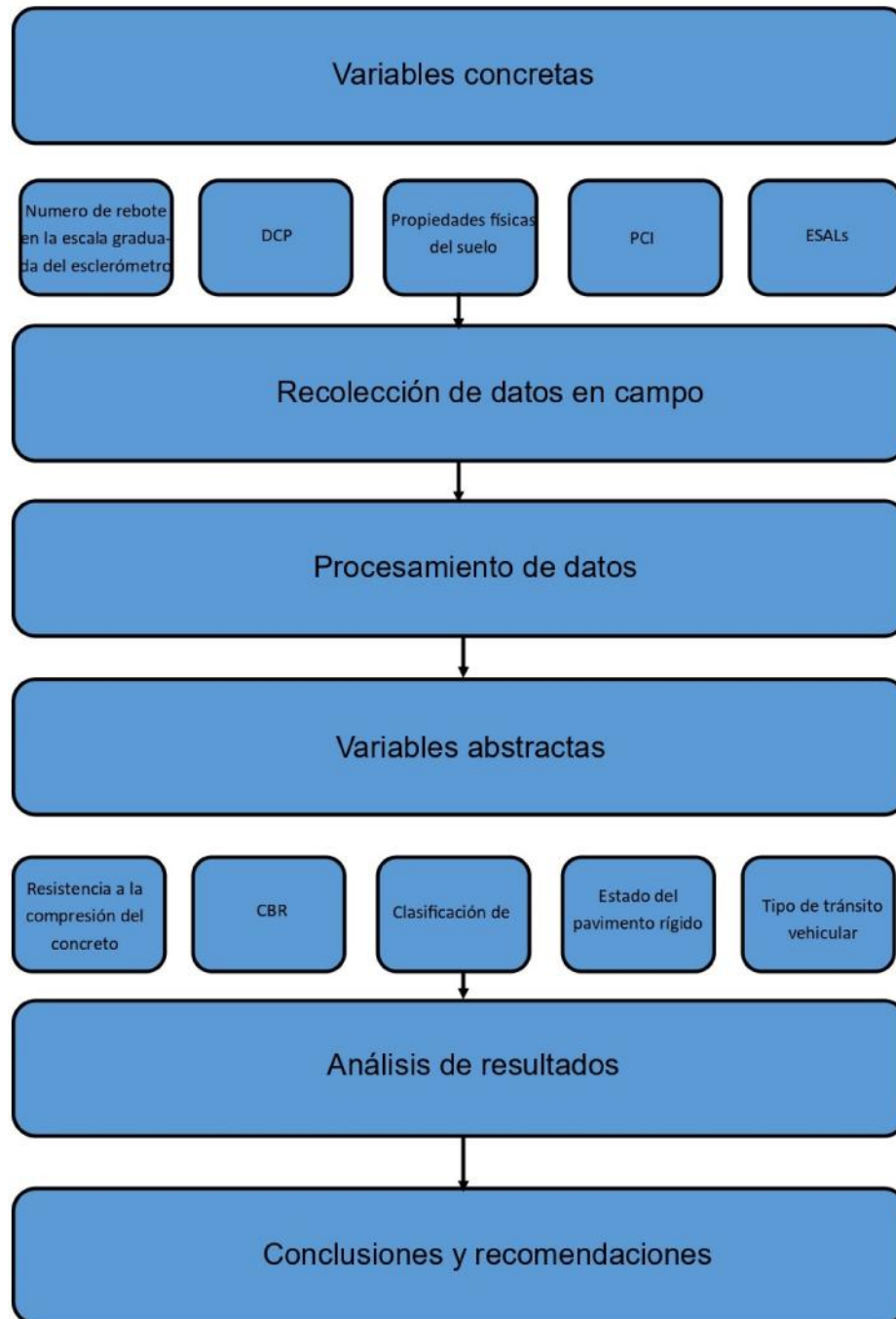


Figura 4. Metodología para el diseño de investigación con el tratamiento de las variables.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1 Técnicas recolección de datos.

El diseño de investigación comprendió la recolección de la data mediante la observación, la estrategia utilizada fue de forma sistemática y lógica, con lo cual se pretende describir y caracterizar lo más cercano a la realidad que se pueda (Campos y Lule, 2012).

Tabla 7.

*Técnicas de investigación*

Técnicas de Recolección de Datos				
Técnica	Perspectiva	Registro	Sujeto Observador	Objeto de Estudio
Observación Participativa: Investigadores involucrados en el estudio de campo.	Describir y analizar de manera objetiva.	Visual verificable y sistemático.	Tesistas	Pavimento rígido

Fuente: (Campos y Lule, 2012).

#### 3.6.2 Instrumentos de recolección de datos

En la investigación se consideró el uso de instrumentos para la recolección de datos, como los del cuadro a continuación, para más detalle revisar los anexos correspondientes.

Tabla 8.  
*Instrumentos de recolección de datos*

Actividades	Normas	
Exploración de suelos	Ensayo de materiales	MTC C 101
Clasificación de suelos	Granulometría	ASTM D 422
	Contenido de humedad	ASTM D 4318
	Limite líquido y limite plástico	ASTM D 4318
	Clasificación SUCS	ASTM D 2487
Estudio de trafico	Clasificación y conteo vehicular, cálculo de los ESALs.	MTC Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos
Estudio de resistencia a la compresión del concreto con equipo esclerómetro	Standard Test Method for rebound number of hardened concrete.	ASTM C 805
Estudio de CBR In Situ con el PDC	Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications	ASTM D6951
Estudio de PCI	Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys	ASTM D 6433

Fuente: (Elaboración propia, 2022).

### 3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La técnica de procesamiento y análisis de datos empleado comprendió el uso de hojas de cálculo en el software Microsoft Excel para todos y cada uno de los estudios detallados en la tabla 6, siempre de acuerdo a las indicaciones o procedimientos de cálculo conforme a las normas respectivas también especificadas en la tabla número 6, columna de normas.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

A partir del procesamiento de los datos en campo, se utilizaron hojas de cálculo en Microsoft Excel, para desarrollar los objetivos de la investigación, por ello se adjuntaron todos los enlaces con su respectivo estudio en los archivos, (ver anexo 10), donde se muestra a detalle los procedimientos de cálculo, factores de corrección y datos de campo.

#### 4.1.1 Objetivo específico 1

La resistencia del concreto se determinó, mediante el uso del esclerómetro y teniendo en consideración la edad del pavimento (42 años), se eligió un valor de 0.60, como factor de corrección por carbonatación, obtenido de la tabla de especificación técnica, del esclerómetro, modelo ZC3 (ver anexo 10, enlace 1) (PROCEQ SA, 2002).

Por otro lado el procedimiento para determinar la resistencia del concreto, se realizó mediante 10 lecturas por paño, para luego eliminar, la lectura mayor y la menor, después se promedió las lecturas y se utilizó el ábaco del manual, obteniendo el valor mínimo  $q_m = 381 \text{ k /c}^2$ , valor máximo  $q_m = 472 \text{ k /c}^2$ , con lo cual se obtuvo el valor promedio  $q_p = 428 \text{ k /c}^2$  y una dispersión máxima de  $47 \text{ k /c}^2$ , luego se aplicó el factor de corrección por carbonatación, para obtener el promedio de la resistencia del concreto, en las 110 muestras, (ver figura 5, 6 y 7), siendo el promedio final de  $f'c_p = 257 \text{ k /c}^2$  (PROCEQ SA, 2002).

Asimismo, el cálculo del Módulo de Rotura (MR), se obtuvo mediante la siguiente expresión:  $a\sqrt{f'c(k /c}^2)$  y la valoración de ( $a$ ) se consideró 1.99, arrojando un valor de  $f'c_p = 257 \text{ k /c}^2$ , por lo tanto, el módulo de rotura es de  $M = 31.87 \text{ k /c}^2$  (MTC, 2014).

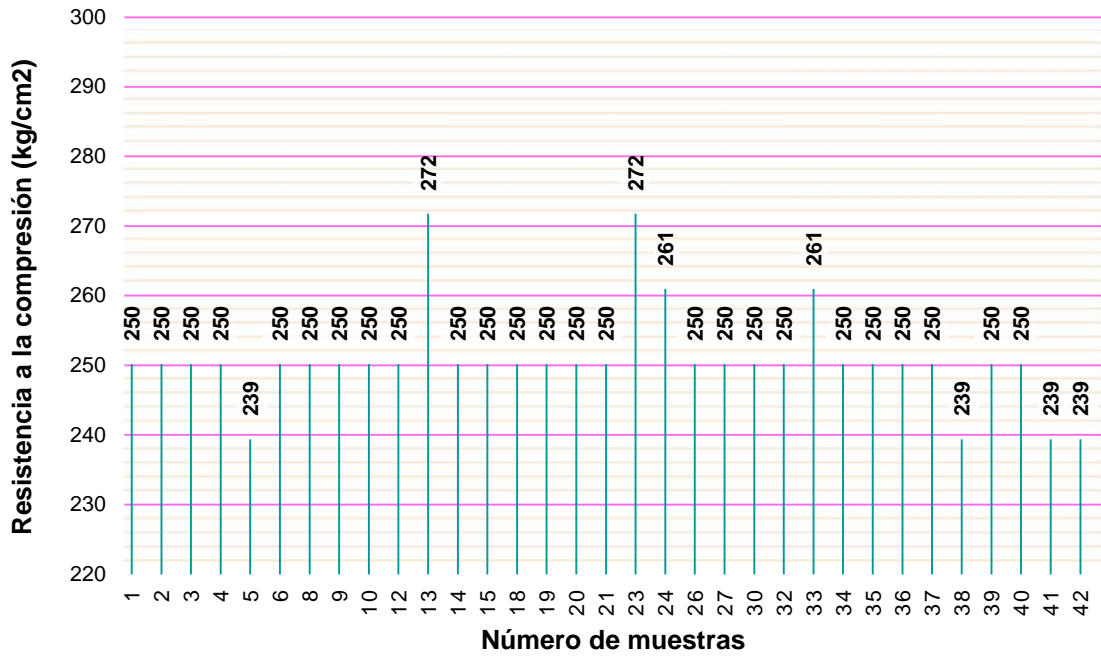


Figura 5. Resistencia a la compresión del concreto, gráfico de resultados 1.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).

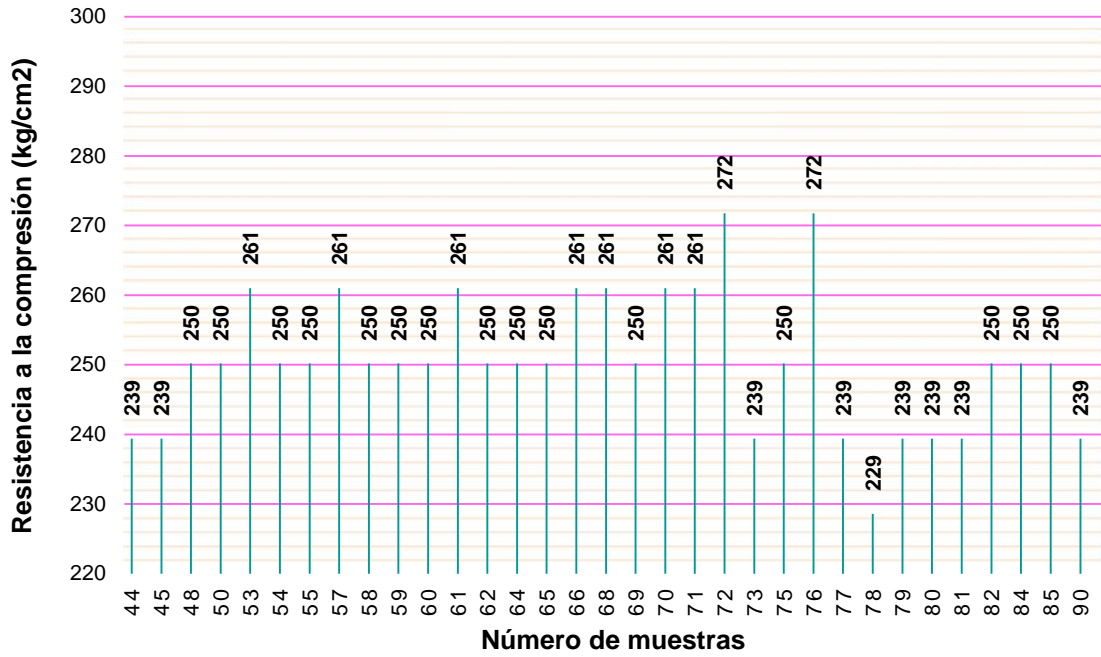


Figura 6. Resistencia a la compresión del concreto, gráfico de resultados 2.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).



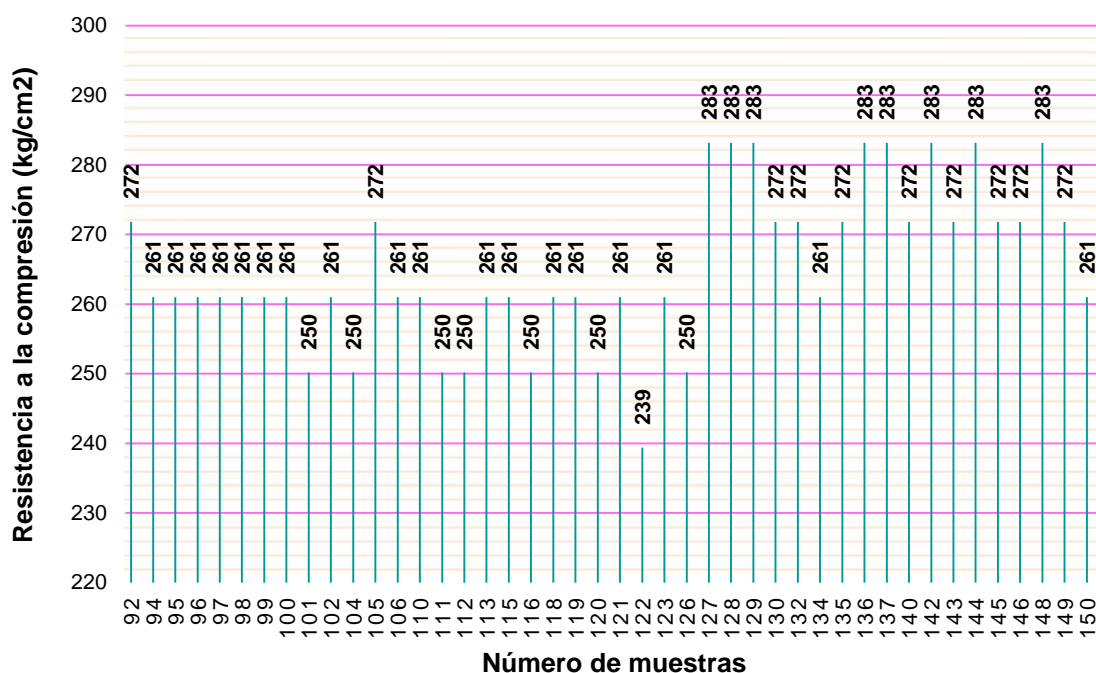


Figura 7. Resistencia a la compresión del concreto, gráfico de resultados 3.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).

#### 4.1.2 Objetivo específico 2

Se determinó el CBR del terreno de fundación, lo cual permitió calcular la resistencia, en la longitud del tramo (ver tabla 9), mediante el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), utilizándose 16 puntos de exploración en la investigación, en cuanto al procedimiento de cálculo, (ver anexo 10, enlace 3), se realizó la medición de las lecturas por penetración, comenzando desde el nivel de la rasante del pavimento, cada 5 golpes se tomó la penetración acumulada hasta llegar al nivel aproximado de 900 mm, luego se mide la penetración entre lecturas y se divide entre el número de golpes, después se multiplica por el factor de martillo, que fue de 1.00 para el caso presente de uso, para el martillo 8kg, finalmente en la última lectura obtenida se utilizó la ecuación  $C = 292/(D)^{1.1}$ , fórmula recomendada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos y para valores de CBR mayores a 10%, donde el DCP es la penetración por golpe, luego se multiplica por el factor de martillo, finalmente para obtener el CBR a la profundidad de 600 y 900 mm se realizó una interpolación con los datos obtenidos de campo, (ASTM, 2003).

Por otra parte, se exploraron los puntos, por lo cual se obtuvieron valores del CBR, (ver figura 8), estableciendo un promedio del 12.45% en la profundidad de 600 mm, en este

proceso se determinó la desviación estándar muestral ( $s$ ), haciendo uso la formula  $s^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{(n - 1)}$ , donde ( $n$ ) es el número de muestras, ( $\bar{x}$ ) el valor promedio del CBR y ( $x$ ) el valor del CBR de cada muestra, obteniéndose como resultado que la desviación estándar muestral fue de  $s = 1.32$ , de la misma manera se determinó un valor del CBR, (ver figura 9), estableciendo un promedio del 10.96% a la profundidad de 900 mm y  $s = 0.49$  (Martínez, 2012).

Tabla 9.

*Coordenadas de los puntos de exploración en el estudio de CBR In Situ*

Coordenadas de los Puntos de Exploración		
Puntos de exploración	Norte	Este
1	9332691	282821
2	9332735	282766
3	9332726	282717
4	9332754	282672
5	9332755	282614
6	9332787	282576
7	9332775	282530
8	9332816	282500
9	9332808	282435
10	9332839	282393
11	9332837	282346
12	9332876	282312
13	9332859	282254
14	9332880	282200
15	9332877	282163
16	9332907	282136

Fuente: Elaboración propia, (2022).



Figura 8. CBR de los puntos de exploración a 600 mm.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).

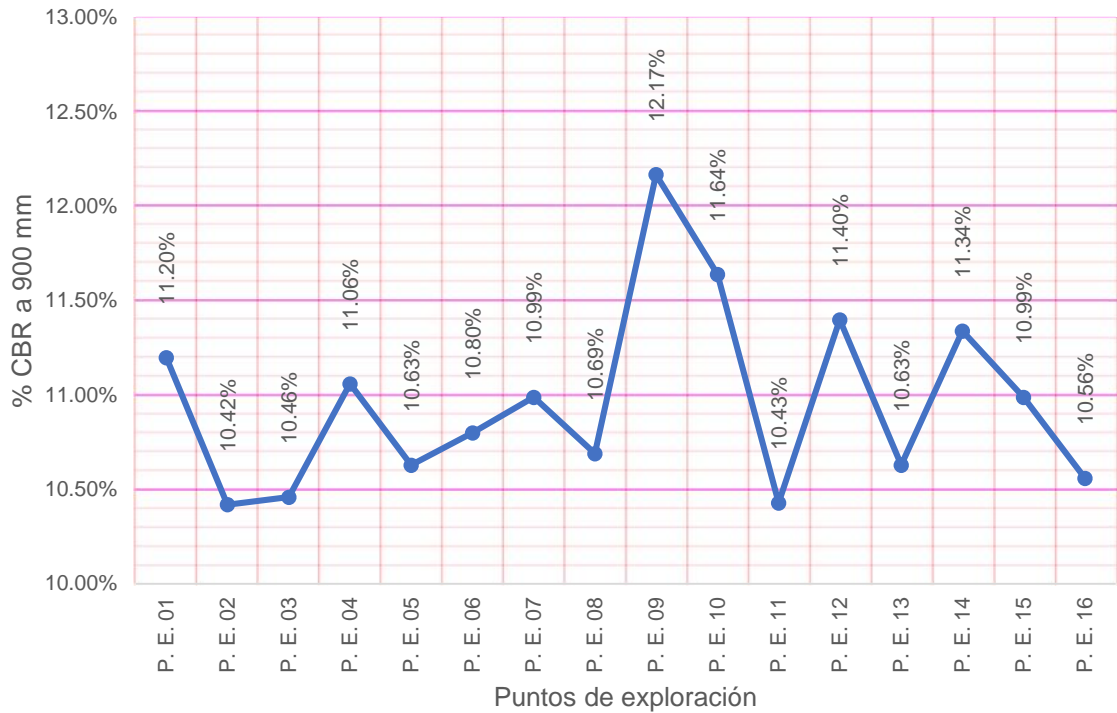


Figura 9. CBR de los puntos de exploración a 900 mm.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).

### 4.1.3 Objetivo específico 3

Todos los cálculos se hicieron de acuerdo a la norma ASTM, (2009), MTC, (2014) y de acuerdo al reglamento de MVCS, (2010), (ver anexo 10, enlace 3), para la vía colectora se excavaron 3 calicatas, C-1 en la cuadra 2, C-2 en la cuadra 5 y C-3 en la cuadra 7, registradas en las progresivas KM 0+010.00, KM 0+340.00 y KM 0+560.00, respectivamente (ver tabla 10). La ubicación de cada una se detalla en el plano del anexo 14 y en el perfil estratigráfico del Anexo 15.

En cuanto a los ensayos de laboratorio se hicieron los estudios de contenido de humedad natural In Situ por el método B, ensayo de límite líquido, límite plástico y granulometría con mallas (ver tabla 10), para determinar las características del suelo estudiado; el detalle de los cálculos y procedimientos de cálculo pueden revisarse a continuación (ver anexo 10, enlace 3) (MVCS, 2010).

Tabla 10.  
*Resumen de resultados en la clasificación de suelos*

Calicatas	C-1		C-2		C-3	
Coordenadas	282807 E	9332712 N	282518 E	9332794 N	282289 E	9332856 N
Cota (m)	0.10-0.60	0.60-1.00	0.10-0.60	0.60-1.00	0.10-0.60	0.60-1.00
Estrato	2	3	2	3	2	3
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-4 (1)
Clasificación SUCS	SC	SC	SC	SM	SC-SM	SC
% Humedad	19.07%	17.60%	16.26%	17.48%	15.15%	19.09%
% LL	27%	28%	24%	NP	18%	28%
% IP	7%	8%	8%	NP	5%	9%
Finos	29.89%	41.94%	31.09%	20.73%	34.18%	44.49%
Arena	70.12%	58.06%	68.92%	79.23%	64.15%	55.52%

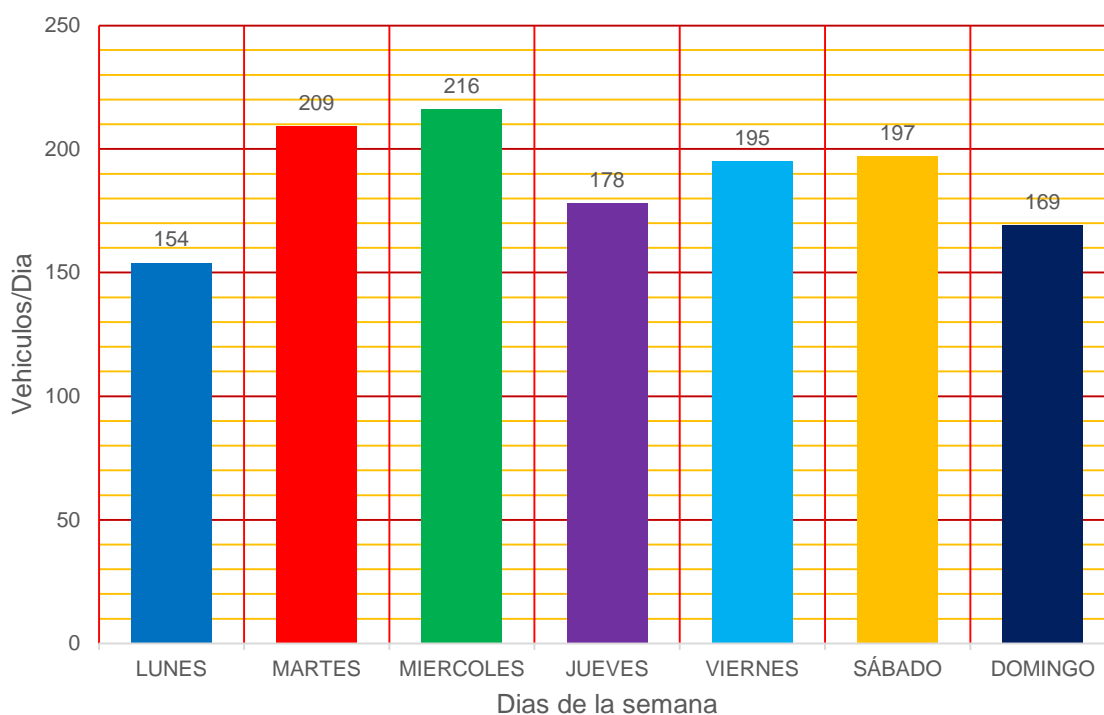
Fuente: Elaboración propia, (2022).

#### 4.1.4 Objetivo específico 4

El estudio de tráfico, permitió conocer el tipo de vía, para ello se ubicó un punto de monitoreo en la cuadra ocho del Jr. Libertad cruce con Jr. Coronel Secada, en cuanto a sus coordenadas fueron: 282495 E, 9332797 N, por otro lado, se usaron los datos proporcionados en la página web de la SUTRAN, como: Ubicación del peaje más cercano, el factor de corrección de los vehículos ligeros y pesados (MTC, 2014).

El conteo vehicular, (ver figura 10), se realizó en punto de monitoreo, desde el día lunes 04 de abril del 2022 hasta el día domingo 10 de abril del 2022, durante las 24 horas, con ello se pudo obtener el índice medio diario semanal y el índice medio diario anual (MTC, 2014).

Por otro lado, en el procedimiento para el cálculo de los ESALs, (ver anexo 10, enlace 4), se consideró una proyección a 20 años; dando como resultado  $8.78 \cdot 10^7$  ESALs (MTC, 2014).



*Figura 10.* Variación diaria de vehículos.  
Fuente: (Elaboración propia, 2022).

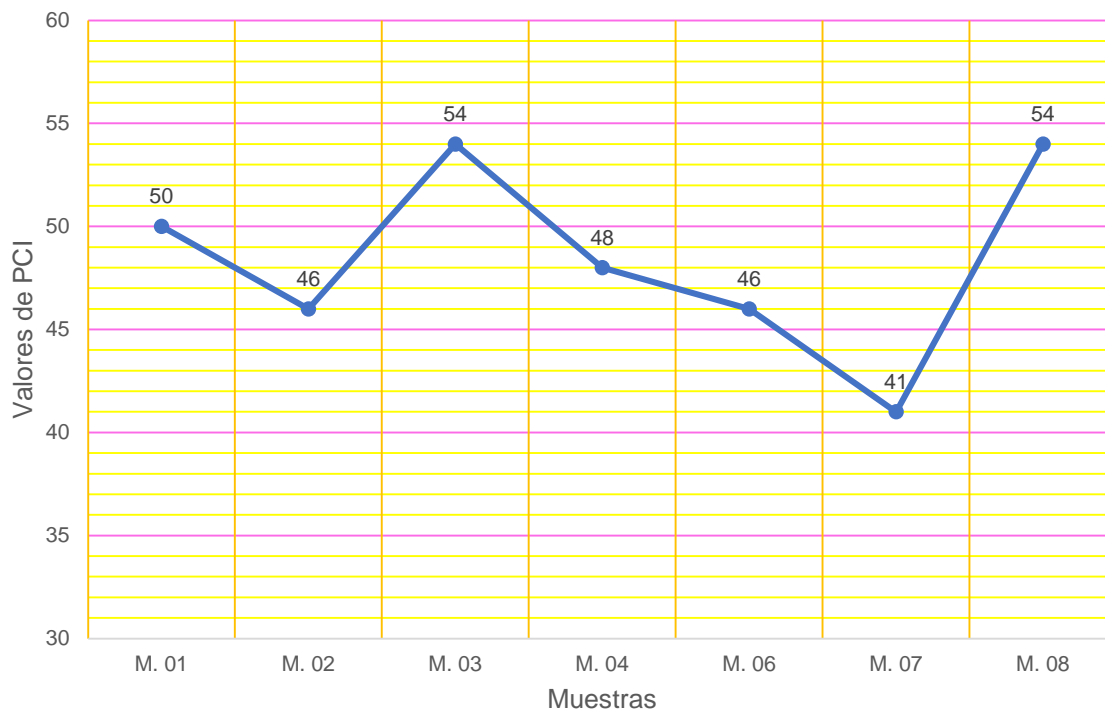
#### 4.1.5 Objetivo específico 5

En el estudio con la metodología del índice de condición del pavimento, (PCI), permitió determinar las fallas en la capa de rodadura, para ello se consideró 7 muestras compuestas de 19 paños de concreto cada uno, además se registró las siguientes fallas como: Grietas de esquina, losa dividida, escala, sello de junta, desnivel carril/berma, grieta lineal, parche grande, parche pequeño, pulimiento de agregados, popouts y mapa de grietas (ASTM, 2018).

En primer lugar se determinó la medición de fallas descrito por la norma, luego se usó los ábacos de la norma de acuerdo a la falla, densidad, y severidad, a continuación se obtuvo el valor deducido, después se calcula valor máximo admisible con la fórmula  $m = 1 + (9/98) * (100 - H)$ , donde  $H$  es el valor deducido más alto, ( $m$ ) es el número de valores deducidos con los que se comenzó a iterar hasta hallar los valores máximos totales y luego dividirlo por ( $q$ ), debido que es el número de valores deducidos mayores a 2, de esa manera se halla el valor deducido corregido, finalmente se eligió el máximo valor deducido corregido y se restó 100 para obtener el valor PCI (ASTM, 2018).

El resultado obtenido por el PCI, determinó el nivel de serviciabilidad, por lo cual se puede experimentar de manera subjetiva como comodidad y seguridad; obteniendo una relación con las mediciones objetivas de las fallas en la superficie del pavimento (ASTM, 2018).

A continuación, se muestran los valores PCI para cada muestra (ver figura 11) y se promedió los resultados, de manera que para toda la zona de estudio se obtuvo un PCI de 48 (ASTM, 2018).



*Figura 11.* Valores PCI de las muestras.  
Fuente: (Elaboración propia, 2022).

## 4.2. Discusión de resultados

### 4.2.1 Discusión de resultado, objetivo específico 1

En concordancia con el manual del esclerómetro (PROCEQ SA, 2002), se determinó que la dispersión máxima presenta un valor de  $47 k / c^2$ , mientras que el parámetro de control tuvo como límite la dispersión máxima de  $\pm 65 k / c^2$ , validando las mediciones hechas en el campo.

También se verificó el módulo de rotura ( $M$ ), obteniendo un valor de  $M = 31.87 k / c^2$ , en consecuencia, de la norma (MVCS, 2010), nos demostró el valor mínimo requerido de  $34 k / c^2$ .

### 4.2.2 Discusión de resultado, objetivo específico 2

En primer lugar, la norma, indica que hasta la fecha no se ha establecido los parámetros de control determinantes en las desviaciones y precisiones para el método de ensayo (ASTM, 2003).

En lo cual, para la determinación del CBR, se obtuvo un valor promedio de 12.97%, a la profundidad de 600 mm para la subbase y se obtuvo valor promedio de 10.96%, a la profundidad de 900 mm para la subrasante, en la norma se estableció que el valor del

CBR, para una subbase de un pavimento rígido, debe tener como mínimo un 30% del CBR; por lo que la capa de la subrasante cumplió la especificación para su uso, mientras que la subbase no alcanza el valor mínimo requerido (MVCS, 2010).

#### **4.2.3 Discusión de resultado, objetivo específico 3**

Los estudios de suelos se realizaron con la norma ASTM, (2011), además la clasificación SUCS coincide con la clasificación por sistema AASHTO, siendo las siguientes comparaciones entre ambos sistemas de clasificación.

Por lo tanto en la calicata 1 se determinó el tipo de suelo, que resultó en arena arcillosa de baja plasticidad (SC) de 0.10-1.00 m, según AASHTO es A-2-4(0), para la calicata 2 se encontró que para un nivel de 0.10-0.60 m el tipo de suelo es arena arcillosa de baja plasticidad (SC), según AASHTO es A-2-4(0) y arena limosa de baja plasticidad (SM) de 0.60-1.00 m, según AASHTO es A-2-4(0) y para la calicata 3 se encontró para un nivel de 0.10-0.60 m el tipo de suelo es arena arcillosa limosa de baja plasticidad (SC-SM), según AASHTO es A-2-4(0) y arena arcillosa de baja plasticidad (SC) de 0.60-1.00 m, según AASHTO es A-4(1).

#### **4.2.4 Discusión de resultado, objetivo específico 4**

En el cálculo de los ESALs se contempló una proyección de 20 años, para el pavimento rígido, por el cual, al finalizar el estudio, se determinó un valor de  $8.78 \times 10^7$  ESALs, en contraste con la norma, indica una relación entre el tráfico y el número de aplicaciones de la siguiente manera: Tráfico ligero cuando es menor de  $10^4$  ESALs, tráfico medio cuando es mayor o igual a  $10^4$  ESALs y menor de  $10^6$  y finalmente cuando es mayor a  $10^6$  ESALs se considera tráfico alto, (MVCS, 2010). Por lo tanto indica que para ESALs superiores a  $10^6$  correspondió la denominación de tráfico alto, (MVCS, 2010).

#### **4.2.5 Discusión de resultado, objetivo específico 5**

En la determinación del PCI, se obtuvo un valor promedio de 48, por lo cual la serviciabilidad de la vía se calificó en un estado de "REGULAR", asimismo en la norma ASTM, (2018), nos indica: La calificación de (excelente) entre un rango entre 100 a 85, (muy bueno) de 85 a 70, (bueno) de 70 a 55, regular de 55 a 40, (malo) de 40 a 25, (muy malo) de 25 a 10 y (fallado) de 10 hasta 0, (ver tabla 1).

Con respecto al cálculo del número mínimo de muestras a estudiar para pavimento rígido, se asumió de acuerdo a la norma, una desviación estándar de 15, que dio como resultado 7 muestras minimas para estudiar, cada una compuesta por 19 paños de concreto, sin embargo, el cálculo de la desviación estándar para las muestras de PCI en campo, dio



como resultado 3 muestras mínimas para el estudio; siendo así menor que el número de muestras mínimas inicial; por lo tanto el estudio realizado con las 7 muestras es válido, (ASTM, 2018).

## CONCLUSIONES

1. En el estudio de la resistencia a la compresión del concreto determinado mediante el uso del esclerometro, se comprueba que el concreto empleado en los paños del pavimento rígido no alcanza la resistencia mínima indicada por la norma (MVCS, 2010), se concluye que es necesario un nuevo diseño de mezcla con una resistencia superior.
2. En el estudio de CBR empleando el Penetrometro Dinamico de Cono (PDC), se confirma que la subrasante esta conformada por un material que califica como "Regular" para subrasante, cumpliendo las expectativas acordes al uso del suelo, mientras que el material conformante de la subbase califica como "regular" para subrasante; por lo cual no alcanza el mínimo requerido por la norma (MVCS, 2010) y es indispensable su reemplazo.
3. En la zona de estudio se encontro, suelos finos de baja plasticidad; en el caso de la subbase se debe reemplazar por un material granular, de esta manera mejorará sus características de soporte y resistencia, para evitar el hundimiento por futuros asentamientos.
4. El estudio de tráfico concluye que la via colectora Jr. Libertad desde la cuadra dos hasta las cuadra nueve, adquiere la calificación de "tráfico alto", significando una frecuencia constante en la repetición de números de cargas en el pavimento rígido, por lo cual existe la necesidad de incorporar un sistema dowels en los paños, para mejorar la transferencia de carga, de manera que se disminuye el asentamientos en los bordes de los paños provocados por la repetición de cargas.
5. En el estudio con la metodología del PCI se concluye que la serviciabilidad del pavimento rígido obtiene una calificación de "regular", por lo tanto se debe tomar acciones de acuerdo al Instituto del Asfalto, donde corresponde un mantenimiento correctivo, que comprenden los trabajos de bacheo en todas las fallas superficiales, el sellado de juntas, nivelado de la superficie y finalmente el recapeo con material asphaltico.

## RECOMENDACIONES

1. Para verificar la serviciabilidad del pavimento, se deberá realizar una prueba de control para la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el pavimento rígido y realizar una comparación con el resultado que se obtiene dentro del estudio de PCI sobre el estado del pavimento.
2. Se sugiere realizar perforaciones con diamantina en los paños del pavimento rígido, para la obtención de testigos de concreto y llevarlos a una prueba de rotura en laboratorio, de manera que se pueda obtener resultados con mayor precisión en la medición de la resistencia a la compresión del concreto.
3. Para futuras investigaciones relacionados con estos temas y no poder contar con el acceso a documentos como expediente técnico u otro referente legal sobre la obra pavimentada, se deberá realizar el ensayo con indicador de fenolftaleína para determinar la profundidad de carbonatación en los testigos de concreto.
4. Se sugiere fomentar la conciencia en la población en relación al cuidado de la infraestructura vial en la ciudad de Moyobamba, porque en festividades y costumbres de la fiesta de San Juan, en la cual, en el mes de junio, anualmente, suelen plantar unshas en el pavimento; por ello se exhorta a la población a colocar barriles de metal con arena encima del pavimento y sobre ello plantar la unsha de esta manera evitando la destrucción del pavimento en la ciudad.
5. Se sugiere al contratista encargado del mejoramiento del pavimento rígido en el Jr. Libertad de la cuadra dos a la cuadra nueve, estudiar las propiedades del suelo y estabilizar el material existente para que cumpla los requerimientos mínimos de la norma técnica (MVCS, 2010).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A., Castillo, G., y Chacater, C. (2021). *Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro.*
- ASTM. (2002). *Método de Prueba Estándar para Número de Rebote en Hormigon endurecido.*
- ASTM. (2003). *Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos.*
- ASTM. (2009). *D2488, Práctica estándar para la descripción e identificación de suelos.*
- ASTM. (2011). *D2487, Práctica Estándar para la Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería.* <https://doi.org/10.1520/D2487--11>
- ASTM. (2018). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys 1.*
- Badillo, J., y Rodríguez, R. (2005). *Mecánica de suelos, fundamentos de la mecánica de suelos* (Segunda). Editorial LIMUSA.
- Borjas Suárez, M. A. (2021). *Evaluación de técnicas no destructivas en elementos de concreto para puentes.*
- Campos y Covarrubias, G., y Lule Martínez, N. E. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Revista Xihmai.*
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (Quinta). Limusa.
- Cristina Rosas P., y Ana Artega C. (2003). *Conceptos de bioseguridad: parte I.*
- Cruz Yong, G. P. (2019). *Correlación número de golpes DCP vs penetración CBR in situ para resistencia al esfuerzo normal de pavimento urbanos, Lambayeque 2018.* Universidad Señor de Sipán.
- Gastelo Oblitas, B. E., Cardozo Medina, I. I., & Paredes Asalde, R. C. (2021). *Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos.*
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptosta Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (M. I. Rocha Martínez, Ed.; Quinta). McGraw-Hill / Interamerica Editores.

- INGEMMET. (1998). *Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjuí* (A. Sánchez F. & I. Herrera T., Eds.; Primera). Dirección de Información y Promoción, INGEMMET.
- Instituto del Asfalto. (2011). *MS-16s El Asfalto En La Preservation y El Mantenimiento de Pavimentos*.
- Lambe, W. (2012). *Mecánica de suelos*. Limusa.
- López Macedo, D. A., y García Arirama, C. D. (2020). *Incidencia de las patologías del concreto hidráulico en el pavimento rígido tramo Plaza de Armas-Jirón Leguía y Jirón San Martín en el distrito de Tarapoto*. Universidad Nacional de San Martín.
- Luís E. Galván Rico, y Rosa E. Reyes Gil. (2009). *Algunas herramientas para la prevención, control y mitigación de la Contaminación ambiental*. 13.
- Martínez Bencardino, C. (2012a). *Estadística y muestreo* (A. Acosta Quintero, Ed.; Décima tercera).
- Martínez Bencardino, C. (2012b). *Estadística y muestreo* (A. Acosta Quintero, Ed.; Décima tercera). ECOE ediciones Ltda. [www.FreeLibros.org](http://www.FreeLibros.org)
- Menéndez Acurio, J. R. (2009). *Ingeniería de Pavimentos, Materiales, Diseño y Conservación* (Primera). Fondo Editorial ICG.
- Mihelcic, J. R., y Beth Zimmerman, Julie. (2012). *Ingeniería ambiental, fundamentos, sustentabilidad y diseño*. Alfaomega.
- Montejo Fonseca, Alfonso. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (S. Valbuena de Fierro, Ed.; Segunda). Universidad Católica de Colombia.
- Morales Fernández, C., y Ortega Legro, J. (2019). *Evaluación funcional del pavimento rígido mediante el metodo PCI. Caso Estudio: en la carrera 18 entre la calle 15 al 22*. Universidad Piloto de Colombia.
- MTC. (2002). *Manual para estudio de tráfico*. Oficina General de Presupuesto y Planificación.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*.
- MVCS. (2010). *RNE, Norma Técnica CE. 010, pavimentos urbanos*.
- Paredes Vela, F., y Delgado Mego, J. J. (2019). *Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto*.

Pérez Acosta, D. M. (2021). *Diagnóstico de pavimentos mediante el método PCI y análisis de la influencia del mal estado de la vía con relación al número de accidentes presentados en la Av. La Victoria (Carrera 4 este) entre calle 37 sur y calle 27a sur*. Universidad Católica de Colombia.

PROCEQ SA. (2002). *Schmidt Hammer, ZC3-A, Concrete Test hammer*.

Rev Med Hondur. (2012). *Principios de la ética de la investigación y su aplicación*. 80.

Sota Champi, J. J., y Vera Tejada, C. M. (2020). *Análisis de la resistencia a la compresión del pavimento rígido mediante el esclerómetro y su incidencia en el grado de conservación - Cuzco*. Universidad César Vallejo.

Vara Horna, A. A. (2012). *7 Pasos para una tesis exitosa* (Tercera).

Vásquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI), para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras*.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Resolución para la ejecución del trabajo de investigación.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

Ciudad Universitaria-Distrito de Morales-Teléfono: 521402-Anexo 122

email: [fica@unsm.edu.pe](mailto:fica@unsm.edu.pe)

**NUEVA LEY UNIVERSITARIA N°30220**



**Resolución N° 023-2022-UNSM/FICA-CF-NLU**

Morales, 29 de enero de 2022

SE RESUELVE:

**Artículo 1°.** – **Aprobar** la solicitud de **cambio** de nombre de **título** del proyecto de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, titulado "EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO, MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO, JR. LIBERTAD CUADRA DOS A LA CUADRA NUEVE", por el **nuevo título "DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, DEL TERRENO DE FUNDACIÓN Y EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CUADRA DOS A LA NUEVE, BARRIO ZARAGOZA, CIUDAD DE MOYOBAMBA"**, presentado por los Bachilleres **GIANFRANCO VÁSQUEZ SILVA** y **ALEXANDER MONTALVO GARCÍA**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-FICA-UNSM, teniendo como **asesor** al **Ing. M. Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz**; cuyo Jurado Evaluador aprobado se detalla:

**Presidente:** Ing. M. Sc. **MÁXIMO ALCIBÍADES VILCA COTRINA**

**Secretario:** Ing. M. Sc. **RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO**

**Vocal:** Ing. M. Sc. **VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO**

**Artículo 2°.** Los Bachilleres, **GIANFRANCO VÁSQUEZ SILVA** y **ALEXANDER MONTALVO GARCÍA** tendrán un plazo de dos (02) años para culminar el desarrollo y sustentar su Proyecto de Tesis, contados a partir del 30 de enero del 2022 y que vence el 30 de enero del 2024

**Artículo 3°.** **Dejar** sin efecto la Resolución N° 136-2021-UNSM/FICA-CF-NLU, de fecha 02 julio del 2021.

**Artículo 4°.** **Hacer** de conocimiento la presente resolución, a los interesados, miembros del Jurado Evaluador, asesor y a la Dirección de la Unidad de Investigación de la FICA, para los fines pertinentes.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Ing. Mtro. **RICARDO CASTAÑEDA CABANILLAS**  
Decano(e) de la FICA



Lic. M.Sc. **Luis Alberto Gálvez Moncada**  
Secretario Académico de la FICA



## Anexo 2. Autorización de la Municipalidad Provincial de Moyobamba

28/3/22, 18:50 Tramite > buscar > expediente



Municipalidad  
Provincial  
Moyobamba

Municipalidad Provincial de Moyobamba  
Gerencia de Desarrollo Territorial  
Sub Gerencia de Planeamiento Territorial, Transporte y Control Urbano

---

**AUTORIZACIÓN N° 067-2022-MPM/GDT**  
**OCUPACIÓN DE VIA PÚBLICA**

La Municipalidad Provincial de Moyobamba, a través de la Gerencia de Desarrollo Territorial – Sub Gerencia de Planeamiento Territorial, Transporte y Control Urbano que suscribe:

**AUTORIZA:**

Al SR. GIANFRANCO VASQUEZ SILVA, identificado con DNI: 74167032 quien solicita la AUTORIZACIÓN PARA LA OCUPACIÓN DE LA VÍA PÚBLICA en el JR. LIBERTAD DESDE LA CUADRA 2 HASTA LA CUADRA 9, de la Ciudad de Moyobamba, por lo que cumple con los requisitos para brindarle la autorización respectiva para la ocupación de la vía pública desde el día 16 de marzo del 2022 hasta el 29 de julio del 2022.

Se advierte al propietario o responsable del evento a realizar que, una vez concluido la actividad, deberán dejar limpio y en óptimas condiciones la vía ocupada y permitir el libre tránsito peatonal y vehicular de los vecinos.

Se expide la presente AUTORIZACIÓN previo trámite con el Registro N° 553305 y Expediente N° 442443 según lo indicado en el Informe Técnico N° 052 - 2022-MPM/GDT/SGPTT y CU/PMH.

Firmado Digitalmente por:  
ARTURO SILVA  
Alfonso Augusto FAU 20146806679 soft  
Cargo: GERENTE DE DESARROLLO TERRITORIAL  
Municipio de Moyobamba y  
Monte Utrillano  
Motivo: Soy autor del documento  
Fecha: 25.03.2022 11:27:56-0500



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
DE MOYOBAMBA

C.c.  
GFSC  
SGPTT/CU  
AT/SP  
/dohive




Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico de la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE MOYOBAMBA generado en concordancia por lo dispuesto en la ley 27269. Autenticidad e integridad pueden ser contrastada a través de la siguiente dirección web <http://177.73.254.74/validad/202200846b79d9a6a05a4dbeb78c5ff03b28a5b4> Exp.: 442443

172.16.0.134/sisplus/buscar/find/seguimientoExpediente/442443 1/1

Fuente: Municipalidad Provincial de Moyobamba, (2022).

### Anexo 3. Certificado del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

---

**Evaluación el producto**


Criterio	Valor Nominal	Tolerancia	Condición
<i>Escala graduada</i>	1 m	1 mm	Cumple
<i>Varilla de sondeo</i>	5/8 Ø	-	Cumple
<i>Masa de martillo</i>	8 kg	0.01 kg	Cumple
<i>Caída de la masa</i>	575 mm	1 mm	Cumple
<i>Angulo de punta</i>	60°	1°	Cumple
<i>Diámetro de la punta</i>	20 mm	0.25 mm	Cumple

**El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) ha sido fabricado examinado y ensayado en nuestros talleres de acuerdo con las especificaciones de la norma:**

**Norma de ensayo:     ASTM D6951**

Lima, 09 de noviembre del 2021

Aprobado: \_\_\_\_\_



---

☎ 913 028 621 - 913 028 622

☎ 913 028 623 - 913 028 624

🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima

✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)

🏢 PERUTEST SAC

Fuente: Técnicas CP SAC, (2021).

## Anexo 4. Equipo esclerómetro.



**TÉCNICAS CP**  
SAC

Venta de Equipos de Laboratorio para Ingeniería Civil, Control de Calidad en Suelos, Asfalto, Concreto, Granulometría y Laboratorios Industriales, Agroindustria, Pesquería, Laboratorios de Servicio, Farmacéuticas, Educación, Salud, Minería y Otros.

COTIZACIÓN 02944-2021

Lima, 25 de Noviembre del 2021

Señores : GIANCARLOS VASQUEZ SILVA  
Ruc. : DNI 74167032  
Dirección. : MOYOBAMBA  
Teléfono : 51- 982139423  
Email. : [gianfranco546@hotmail.com](mailto:gianfranco546@hotmail.com)  
F. Req. : 25-11- 2021(Vía Telefónica)

ATENCION : ING GIANCARLOS VASQUEZ SILVA

\_Respetado Ing.  
Atendiendo su amable solicitud, nos permitimos cotizar:

Ítem	Cant	Cód. Ref.	Descripción	Vr. Unit USD \$	Vr. Total USD \$	Tiempo De Entrega
1.	01	ZC3-A	<p><b>ESCLEROMETRO</b></p> <p>Para Ensayos no Destructivos del Concreto, resultados con un porcentaje de error de <math>\pm 15\%</math> aprox. en hormigón de 1.280 a 8.500, incluye piedra de fricción para la preparación de la superficie de ensayo y maletín de transporte.</p> <p>MARCA: AYA INSTRUMENT CO. LTD PROCEDENCIA: CHINA</p>	160.00	160.00	3 DÍAS
			<p>Con calibración y certificado</p>			
						

Av. Santa Ana Mz. H Lt.2 Urb. San Diego  
San Martín Porres – Lima – Perú  
Teléf: (511) 540-2790 ANEXO 106  
Móvil: 989447995- 999910365  
E-mail: [ventas@tecnicascp.com.pe](mailto:ventas@tecnicascp.com.pe)  
[www.tecnicascp.com.pe](http://www.tecnicascp.com.pe)



Fuente: Técnicas CP SAC, (2021).



## Anexo 5. Memoria de investigación

### Memoria de investigación sobre los antecedentes de la obra de pavimentación

Se inicio la investigación la fecha 22/11/2021 consultando al jefe de obras de la MPM acerca del expediente técnico de la obra de pavimentación urbana del **Jr. Libertad desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve**, indicando que al ser una obra antigua de más de veinte años no se encuentran la información en la oficina de obras y que el expediente técnico debería encontrarse en el archivo de la municipalidad.

Una vez en el archivo de la Municipalidad (ubicado en la esquina de la cuadra donde se ubica el campo ferial), la señora a cargo informo que solo tenían los expedientes técnicos de las obras ejecutadas hasta el año 2010 (DOS MIL DIEZ), debido a que en el anterior local destinado para el archivo municipal estaba ubicado dentro de las instalaciones del campo ferial en un ambiente con calaminas deterioradas por donde el agua proveniente de las precipitaciones se filtra por los orificios y llegaban a caer sobre los estantes donde se encontraban los expedientes técnicos por ello muchos de los expedientes fueron quedando ilegibles y posteriormente desechados, solo salvando los archivos de los expedientes hasta el año 2010 (DOS MIL DIEZ), por lo que no tiene registros acerca del expediente técnico de la pavimentación urbana del **Jr. Libertad desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve**.

Al ser evidente la inexistencia de documentos relacionados a la construcción de la obra por parte de la municipalidad, se buscó información de los vecinos, el día 23/11/2021 siendo aproximadamente las 10:00 am, se realizó la consulta a los vecinos del **Jr. Libertad desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve**, de preferencia gente de tercera edad para obtener información de años antes del 2000 (DOS MIL), teniendo como referencia los más de veinte años que indico el jefe de obras de la municipalidad tiene el pavimento, se preguntó en bodegas y se toco puertas, obteniendo como respuesta que los vecinos vinieron luego de que se pavimentara la calle, en otras palabras la gran mayoría son migrantes de otras regiones del Perú, sin embargo una señora de aproximadamente 80 años ubicada en la cuadra siete del Jr. Libertad que atiende su bodega indico que efectivamente el pavimento más de veinte años pero no se acuerda el año de construcción exacto, al final de la conversación nos indico una persona que también es un antiguo vecino, ubicado en la cuadra dos del Jr. Libertad atiende su internet en una casa de un solo piso con fachada azul y rejas negras conocido como "EL PROFE". En la cuadra dos del Jr. Libertad se buscó la casa de "EL PROFE" con las indicaciones de la señora anterior, encontrándolo a la salida de su casa con su señora, se le pregunto sobre la obra de pavimentación y nos dijo que tenía más de veinte años, pero para tener información más exacta que pregunte al señor Don Nico ya que el participo en la construcción del pavimento y también es el vecino más antiguo en el jirón.

La casa del señor Don Nico está ubicado al frente de la señalética del cruce entre las calles Jr. Libertad y calle Alberto Miranda, su acceso de la pista hacia la vereda es una rampa de baja pendiente, su casa es de un solo piso y cuenta con una puerta de madera con una placa encima que pone familia Aguirre y con una ventana al lado que a su vez tiene una ventana más pequeña. Una vez llegado a su casa se procedió a tocar la puerta, saliendo de su casa el señor Nicolas Cabrera Valle, identificado con DNI N° 00801953 (asi conocido por los vecinos), un hombre de 93 años, él informa efectivamente haber participado en la construcción del pavimento y también proporciono los siguientes datos acerca del pavimento:

-La construcción del pavimento rígido en el Jr. Libertad desde la cuadra dos hasta la cuadra nueve se realizó en el año 80 (OCHETA).

-El movimiento de tierra se hizo con carretilla, palana y pico, mientras que el vacceo del concreto fue hecho a mano, no se utilizaron maquinas ni equipos durante toda la ejecución de la obra.

-No hubo personal especializado en la construcción ni tampoco supervisión.

-La losa de concreto utilizado es concreto simple, no contiene acero de refuerzo ni dowels, tiene un espesor de 20 centímetros, que en la dosificación por cada paño usaron 30 bolsas de cemento, 90 carretillas de hormigón, 90 carretillas de arena y 3 bolsas de cemento para darle el acabado liso en la superficie.

-Datos sobre los espesores de la base y la subrasante no brindo, porque indico que trabajaron con el mismo suelo del lugar, trabajándolo con pico, palana y carretilla.



Gianfranco Vasquez Silva  
74167032



Nicolas Cabrera Valle  
00801953

Fuente: Elaboración propia, (2022).

### Anexo 6. Formato para el ensayo de DCP, punto de exploración 01.








Formato para el ensayo de DCP						
<b>Proyecto:</b>	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, DEL TERRENO DE FUNDACIÓN Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CUADRA DOS A LA NUEVE, BARRIO ZARAGOZA, CIUDAD DE MOYOBAMBA, DISTRITO DE MOYOBAMBA, REGIÓN SAN MARTÍN					
<b>Lugar:</b>	Jr. Libertad CDR 2	<b>Operador del equipo:</b>	Alexander M. G.	<b>Coordenadas</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>
<b>Fecha:</b>	04/04/2022	<b>Peso del martillo:</b>	8 kilos		9332691	282821
Punto de exploración 01						
Número de Golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor del martillo para 8 KG	DCP (mm/golpe)	CBR(%)
5	47	47	9.40	1	9.40	23.74
5	99	52	10.40	1	10.40	21.20
5	154	55	11.00	1	11.00	19.91
5	211	57	11.40	1	11.40	19.13
5	272	61	12.20	1	12.20	17.73
5	336	64	12.80	1	12.80	16.80
5	405	69	13.80	1	13.80	15.44
5	482	77	15.40	1	15.40	13.66
5	561	79	15.80	1	15.80	13.27
1	579	18	18.00	1	18.00	11.47
Observaciones:						

Formula de correlación:

$$C = \frac{292}{D^{1.1}}$$

Fuente: Menéndez Acurio, (2009).

## Anexo 7. Formato para el estudio de tráfico, día lunes.

ESTUDIO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR										
Proyecto: Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín										
SENTIDO:		Un solo sentido		PROVINCIA:	Moyobamba		ESTACIÓN:	E1		
UBICACIÓN:		Región : San Martín		DISTRITO:	Moyobamba		FECHA:	04/04/2022		
Coordenadas de la Estación:		N		9332878		E	282196		DIA:	Lunes
HORA	MOTOS	Motocar	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		CAMION			Total
					PICK UP 	RU RAL Combi 	2E 	3E 	4E 	
0-1	15	19	0	0	1	0	0	0	0	35
1-2	16	20	0	0	1	0	0	0	0	37
2-3	24	24	1	0	1	0	0	0	0	50
3-4	20	30	1	0	1	0	0	0	0	52
4-5	28	40	0	0	2	0	0	0	0	70
5-6	29	73	2	0	2	0	0	0	0	106
6-7	30	77	1	0	2	0	0	0	0	110
7-8	80	88	2	0	2	0	0	0	0	172
8-9	84	89	3	1	2	0	2	1	0	182
9-10	86	100	5	1	2	2	2	1	0	199
10-11	88	122	7	1	2	1	2	1	0	224
11-12	107	124	7	1	4	1	2	0	0	246
12-13	68	119	4	1	4	0	1	0	0	197
13-14	70	109	2	1	3	0	0	0	0	185
14-15	81	105	2	0	5	0	0	0	0	193
15-16	85	105	4	0	5	0	0	0	0	199
16-17	91	101	3	0	5	0	0	1	0	201
17-18	86	99	4	0	2	0	0	0	0	191
18-19	104	95	7	0	2	0	1	0	0	209
19-20	103	110	6	0	3	0	0	0	0	222
20-21	105	89	6	0	2	0	0	0	0	202
21-22	107	90	5	0	2	0	0	0	0	204
22-23	111	80	2	0	1	0	0	0	0	194
23-24	85	96	0	0	0	0	0	0	0	181
TOTALES	1703	2004	74	6	56	4	10	4	0	3861

Fuente: Elaboración propia, (2022).

### Anexo 8. Formato para campo del equipo esclerómetro, muestras 01-37.

Proyecto:		Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín									Tipo de Pavimento:		Rígido			
Fecha:		11/04/2022		Tipo de Martillo y Serie:			Schmidt Hammer ZC3-A				Elemento:		Paño			
		Operador del equipo:			Alexander M. G.				Características de superficie:		Pulido		Orientación:		Vertical hacia abajo	
N° de Paño	Área	Datos de campo										Resultados				
		Rebote Promedio (Q)	Resistencia a kg/cm <sup>2</sup> (q)	Cof. Carbonat. 0.60 kg/cm <sup>2</sup> , p=q*0.60	Observación											
1	Pto	32	35	36	38	40	33	34	38	39	31	36	417	250		
2	Pto	34	35	37	38	40	35	36	38	33	38	36	417	250		
3	Pto	35	36	38	38	35	34	38	35	31	39	36	417	250		
4	Pto	35	33	32	34	35	40	39	37	38	36	36	417	250		
5	Pto	38	35	34	33	32	35	37	34	39	36	35	399	239		
6	Pto	35	38	39	40	33	32	31	35	36	41	36	417	250		
8	Pto	31	32	34	35	39	36	38	34	40	38	36	417	250		
9	Pto	35	32	31	38	36	38	35	38	40	35	36	417	250		
10	Pto	34	33	32	38	37	36	39	37	38	35	36	417	250		
12	Pto	40	38	35	34	33	32	39	38	36	34	36	417	250		
13	Pto	39	37	38	32	34	35	40	41	40	39	38	453	272		
14	Pto	34	32	35	36	38	36	35	34	38	36	36	417	250		
15	Pto	34	37	38	35	34	33	31	35	39	38	36	417	250		
18	Pto	35	39	34	32	31	35	39	35	40	36	36	417	250		
19	Pto	35	38	37	35	32	33	34	35	39	40	36	417	250		
20	Pto	38	37	35	36	32	35	33	34	38	36	36	417	250		
21	Pto	34	35	40	39	34	35	32	34	38	39	36	417	250		
23	Pto	35	38	34	37	35	38	39	39	40	41	38	453	272		
24	Pto	39	38	40	34	35	36	35	37	38	39	37	435	261		
26	Pto	35	39	40	34	32	33	37	38	34	35	36	417	250		
27	Pto	39	33	34	32	37	38	40	35	34	38	36	417	250		
30	Pto	39	38	35	36	35	33	32	34	39	38	36	417	250		
32	Pto	38	37	35	34	33	36	38	40	32	34	36	417	250		
33	Pto	34	32	38	37	40	38	38	33	40	37	37	435	261		
34	Pto	39	35	34	33	37	39	35	34	40	36	36	417	250		
35	Pto	38	35	34	36	37	39	40	32	35	37	36	417	250		
36	Pto	34	35	39	35	33	37	38	35	32	40	36	417	250		
37	Pto	35	37	38	39	32	34	35	39	34	40	36	417	250		

Fuente: ASTM C805, (2022).

## Anexo 9. Formato de Exploración PCI, muestra 01.

Formato de Exploración para Pavimentos Rígidos						
Rama:	Jr. Libertad	Sección:	01	Unidad de Muestra:	muestra 01	
Realiz. por:	Gianfranco	Fecha:	01/04/2022	Área de muestra:	19 paños	
Tipos de Fallas				Esquema		
21. Blow up/Buckling 22. Grieta de Esquina 23. Losa Dividida 24. Grieta de durabilidad 25. Escala 26. Sello de Junta 27. Desnivel Carril/Ber 28. Grieta Lineal 29. Parche Grande 30. Parche Pequeño		31. Pulimiento de Agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce de vía Férrea 36. Descorchamiento/ map.d.griet. 37. Retracción 38. Descascaramiento de Esquina 39. Descascaramiento de junta				
Tipo	Sev	N° Losa	Densidad %	Valor Deducido		
31	-	19	100%	10		
26	M	16	84%	4		
28	M	8	42%	25		
36	M	15	79%	28		
36	L	4	21%	4		
28	L	3	16%	7		
26	H	3	16%	8		
32	L	3	16%	3		



## **Anexo 10. Enlaces de las hojas de cálculos utilizadas para los estudios de investigación.**

Enlace 1: Estudio de resistencia a la compresión del concreto In Situ, con esclerómetro.

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/16rDAT-dK9kW5fxOeQZnkfq6SL0Lphi1j/edit?usp=sharing&oid=108323831786045408473&rtpof=true&sd=true>

Enlace 2: Estudio de CBR In Situ, con Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC).

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1yeazO-UHQiybtIxyliRDvinCaFUQ6Kkf/edit?usp=sharing&oid=108323831786045408473&rtpof=true&sd=true>

Enlace 3: Estudio de clasificación de suelos, granulometría con mallas, contenido de humedad natural, limite líquido y limite plástico.

<https://drive.google.com/file/d/1qwqB5ihP6b5NkykZ9UOxUfsA4tRpvPN/view?usp=sharing>



Enlace 4: Estudio con la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI).

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1x\\_9bqK2rr7qKunf-rhPCRab9XFUlrXLn/edit?usp=sharing&oid=108323831786045408473&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1x_9bqK2rr7qKunf-rhPCRab9XFUlrXLn/edit?usp=sharing&oid=108323831786045408473&rtpof=true&sd=true)

Enlace 5: Estudio de tráfico.

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/11bq2WVgBv51zEV73WE6gokxR\\_XOpo\\_U2/edit?usp=sharing&oid=108323831786045408473&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/11bq2WVgBv51zEV73WE6gokxR_XOpo_U2/edit?usp=sharing&oid=108323831786045408473&rtpof=true&sd=true)

## Anexo 11. Formato de registro para ensayo de contenido de humedad, muestra 01.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
 	
<small>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, DEL TERRENO DE FUNDACIÓN Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CUADRA DOS A LA NUEVE, BARRIO ZARAGOZA, CIUDAD DE MOYOBAMBA, DISTRITO DE MOYOBAMBA, REGIÓN SAN MARTÍN</small>	
<b>Tesis :</b>	
<b>Localización de la Tesis:</b>	DISTRITO MOYOBAMBA, PROVINCIA MOYOBAMBA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
<b>Descripción del Suelo:</b>	ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD
<b>Identificación de la Muestra :</b>	T-01 M I
<b>Operador :</b>	BACH. A.M.G. y G.V.S.
<b>Calicata:</b>	T-01 M I
<b>Fecha:</b>	25/4/2022
<b>Calle:</b>	Jr. LIBERTAD
<b>Profundidad de la Muestra:</b>	0.10 - 0.60 m
<b>Tipo de Muestra :</b>	Alterada <input checked="" type="checkbox"/> No alterada <input type="checkbox"/> Remoldeada <input type="checkbox"/>
<b>Extracción de Muestra :</b>	Tesistas <input checked="" type="checkbox"/> Técnico UNSM <input type="checkbox"/>
<b>Coordenadas Punto Muestreo:</b>	
<b>Determinación del contenido de humedad de un suelo Norma ASTM D2216-19</b>	
<b>Método de Prueba :</b>	Método A método B <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Número de laboratorio</b>	<b>1</b>
<b>Contenedor/Número de tapa</b>	<b>1      2      3</b>
Masa del contenedor, g ( $M_c$ )	86.29      90.25      68.80
Contenedor + Masa de muestra húmeda, g ( $M_{c+ms}$ )	134.20      143.94      135.08
Masa inicial de la muestra seca + Contenedor, g	126.64      135.39      124.30
Contenedor secundario Masa de muestra seca, g	126.63      135.38      124.28
Recipiente final Masa de muestra seca, g $M_{c+s}$	126.63      135.38      124.28
Masa de agua, g, $M_w = M_{c+ms} - M_{c+s}$	7.57      8.56      10.80
Masa de sólidos, g, $M_s = M_{c+s} - M_c$	40.34      45.13      55.48
Contenido de agua, %, $w = (M_w/M_s) \times 100$	18.77      18.97      19.47
Promedio de contenido de humedad, %	19.07
<b>Observaciones :</b>	

Fuente: Laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura-UNSM, (2022).

## Anexo 12. Constancia de ejecución de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
Jr. Amarcá 3<sup>ra</sup> Cuadra Teléfono 042-52-1402  
MORALES - PERÚ



### CONSTANCIA DE INGRESO Y EJECUCION DE ENSAYOS DE LABORATORIO

#### EL QUE SUSCRIBE

**Ing. M.Sc Enrique Napoleón Martínez Quiroz**, Jefe del laboratorio de Mecánicas de Suelos Y Pavimentos.

#### HACE CONSTAR:

Que los bachilleres Gianfranco Vásquez Silva y Alexander Montalvo García han ingresado y han ejecutado ensayos de laboratorio los cuales son:

*Contenido de Humedad Natural*

*Ensayo granulométrico por tamizado*

*Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico)*

Ensayos para poder concluir con su Tesis Titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN Y EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DEL JR. LIBERTAD CUADRA DOS A LA NUEVE, BARRIO ZARAGOZA, CIUDAD DE MOYOBAMBA, DISTRITO DE MOYOBAMBA, REGIÓN SAN MARTÍN”**. Aprobado con resolución decanal N°111-2021-UNSM/FICA-D-NLU.

Se expide el presente a solicitud de los interesados

Tarapoto 27 de mayo del 2,022



*Ing. M.Sc. Enrique N. Martínez Quiroz*  
JEFE DEL LABORATORIO DE MEC. SUELOS Y PAV  
ING. CIVIL - CIP N° 29202

Constancia Registrada N°007



*Robert Navarro Mori*  
TEC. LAB. MEC. SUELOS, GEOL. Y CONCRETO  
ING. CIVIL : ESP. 0219  
TEC. CALIFICADO INGRESO Y ENSAYOS  
REALIZADO POR TESISISTAS

### Anexo 13. Panel Fotográfico



*Figura 12.* Foto de la toma de información para el estudio PCI.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).



*Figura 13.* Foto de un parche pequeño en el paño.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).





*Figura 14.* Foto de los golpes con el martillo en el equipo DCP.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).



*Figura 15.* Foto del uso del equipo esclerómetro para la toma de datos del paño.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).



*Figura 16.* Foto de la muestra extraída en la tercera calicata.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).



*Figura 17.* Foto de las seis muestras obtenidas en campo.  
Fuente: Elaboración propia, (2022).

Enlace de todas las fotografías del trabajo de campo y los estudios en laboratorio.

[https://drive.google.com/drive/folders/1FGEtf9S9OPHk9msfO92adWADueZxFyex?usp=s\\_haring](https://drive.google.com/drive/folders/1FGEtf9S9OPHk9msfO92adWADueZxFyex?usp=s_haring)

**Anexo 14. Plano de ubicación**

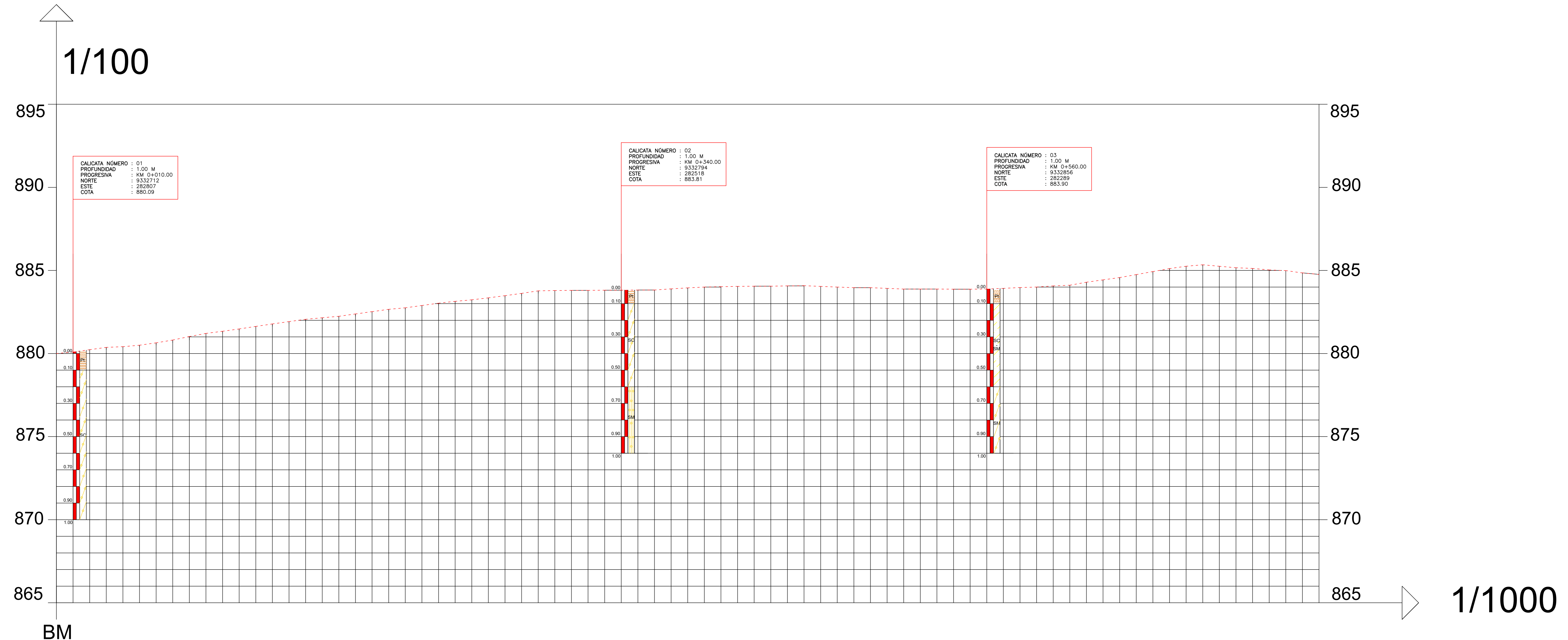






## **Anexo 15. Plano de estratigrafía**

PROGRESIVAS	COTA TERRENO
0+000	880.00
0+010	880.09
0+020	880.23
0+030	880.37
0+040	880.41
0+050	880.50
0+060	880.64
0+070	880.81
0+080	881.02
0+090	881.21
0+100	881.34
0+110	881.48
0+120	881.63
0+130	881.78
0+140	881.92
0+150	882.06
0+160	882.15
0+170	882.24
0+180	882.38
0+190	882.52
0+200	882.66
0+210	882.75
0+220	882.89
0+230	883.03
0+240	883.14
0+250	883.23
0+260	883.35
0+270	883.48
0+280	883.62
0+290	883.77
0+300	883.79
0+310	883.80
0+320	883.80
0+330	883.81
0+340	883.81
0+350	883.82
0+360	883.82
0+370	883.89
0+380	883.95
0+390	884.00
0+400	884.02
0+410	884.04
0+420	884.05
0+430	884.05
0+440	884.07
0+450	884.08
0+460	884.04
0+470	884.00
0+480	883.96
0+490	883.96
0+500	883.92
0+510	883.88
0+520	883.88
0+530	883.88
0+540	883.89
0+550	883.89
0+560	883.90
0+570	883.94
0+580	883.99
0+590	884.02
0+600	884.09
0+610	884.13
0+620	884.31
0+630	884.45
0+640	884.59
0+650	884.77
0+660	884.95
0+670	885.13
0+680	885.27
0+690	885.36
0+700	885.27
0+710	885.18
0+720	885.14
0+730	885.05
0+740	885.01
0+750	884.87
0+760	884.78



PLANO ESTRATIGRAFICO DEL TERRENO KM 0+000.00 - KM 0+760.00

SIMBOLO	DESCRIPCION	ACHURADO
Pt	SUELO ORGANICO	
SC	ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD	
SM	ARENA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD	
SC-SM	ARENA LIMOSA, ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD	

PROYECTO : <b>"Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distrito de Moyobamba, región San Martín"</b>			DETALLE LAMINA:
INVESTIGACIÓN: TESIS PARA TITULACIÓN		ASESOR <i>Ing. M. Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz</i>	
DIBUJANTES: <i>-Gianfranco Vasquez Silva</i> <i>-Alexander Montalvo García</i>		PLANO: PLANO DE UBICACIÓN	
UNIVERSIDAD: U. N. S. M.	FECHA: 30/08/2022	ESCALA:	

PE-01

# Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distr

*por* Gianfranco Vásquez-silva/ Alexander Montalvo-garcía

---

**Fecha de entrega:** 29-nov-2022 11:14a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1966321718

**Nombre del archivo:** TESIS\_POS\_SUST\_TESIS\_GVS\_Y\_AMG\_29-11-2022\_1100.docx (9.46M)

**Total de palabras:** 14198

**Total de caracteres:** 75279

# Determinación de la resistencia del concreto, del terreno de fundación y evaluación superficial del pavimento rígido del Jr. Libertad cuadra dos a la nueve, barrio Zaragoza, ciudad de Moyobamba, distr

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://repositorio.utelesup.edu.pe">repositorio.utelesup.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

[repositorio.unc.edu.pe](https://repositorio.unc.edu.pe)